

# 地域熱供給のある超高層建物へのCGS導入効果

著者	木下 周
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2008
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00000778/">http://id.nii.ac.jp/1342/00000778/</a>

修士学位論文  
地域熱供給のある超高層建物への  
CGS 導入効果

平成 20 年度  
(2009 年 3 月)

東京海洋大学大学院  
海洋科学技術研究科  
海洋システム工学専攻

木 下 周

# 目 次

第1章 序論	(1)
1.1 研究背景と目的	(1)
1.2 コージェネレーションシステム	(2)
1.3 エネルギーの面的利用	(3)
第2章 検討対象モデル	(4)
2.1 建物モデルの概要	(4)
2.2 対象建物のエネルギー需要	(5)
2.3 想定システム	(10)
2.4 機器の負荷特性	(11)
2.4.1 ガスエンジン	(11)
2.4.2 冷凍機	(15)
第3章 シミュレーション計算	(16)
3.1 シミュレーション条件	(16)
3.2 導入効果の指標	(17)
3.3 シミュレーションプログラム	(20)
第4章 計算結果	(25)
4.1 時刻別負荷供給	(25)
4.2 CGS 運転状況	(41)
4.3 熱供給状況	(44)
4.4 導入効果の評価	(48)
第5章 結言	(54)
参考文献	
謝辞	
付録 1. シミュレーションプログラム	
付録 2. 対象建物の月別代表日の時刻別需要原単位	

## 第1章 序論

### 1.1 研究背景および目的

近年、京都議定書による CO<sub>2</sub> 排出量削減目標達成のために、様々な試みがなされている。しかし、工場などの産業による CO<sub>2</sub> の排出量は減少傾向にあるが、一般家庭やビルなどの CO<sub>2</sub> 排出は増加し、排出量削減目標を達成する目処は立っていない。その中で、コージェネレーションシステム (Co-Generation System) の高層ビルなどへの導入が各地でなされている。

コージェネレーションシステムは、燃料を用いて発電を行うとともに、その排熱を取り出し、冷暖房や給湯に利用するシステムである。今まで捨てていた排熱を利用しているため、総合的なエネルギー効率が向上し、省エネルギー性に優れたシステムであるといえる。一方、エネルギーの面的利用という観点から、各熱源機器によるエネルギーを単一の建物だけでなく、複数の建物に供給する地域熱供給事業が各都市で行われている。

そこで本研究ではこのような地域熱供給のある都市部において、近年再開発などで、盛んに建造されている超高層ビルへコージェネレーションシステムを導入した場合の導入効果について、エネルギーシミュレーションを行い、省エネルギー性、環境性、経済性などの観点から評価・検討する。

## 1.2 コージェネレーションシステム

コージェネレーションシステム（CGS）は、燃料を用いて発電し、その際に発生する排熱を冷暖房や給湯などの用途に有効利用する省エネルギーシステムである。火力発電などの従来の発電方式のエネルギー利用効率は40%程度で、発電の際に生じる排熱は発電所の外の海などに捨て、排熱を利用することはなかった。コージェネレーションシステムでは、これまで捨てていた排熱を利用するため、発電のために使ったエネルギーの総合的な効率を高めることができる。発電方式による違いはあるが、一つのエネルギー源から最大、電気エネルギー40%、熱エネルギー40%、合わせて80%近くの高いエネルギー効率を得ることができるシステムである。

以下に本研究でもちいたコージェネレーションシステムの運転性能を表す値<sup>1)</sup>をまとめる。

・発電機負荷率[%]：発電機の部分負荷運転状況を示す。

$$= \text{CGS 発電量}[\text{MW} \cdot \text{h}] / (\text{定格発電出力}[\text{kW}] \times \text{発電機のべ運転時間}[\text{h}] / 1000) \quad \times 100$$

・CGS 依存率（電力）[%]：建物の電力需要量に対してCGSの発電量が占める割合

$$= (\text{CGS 発電量} - \text{CGS 補機電力量}[\text{MW} \cdot \text{h}]) / \text{電力需要量}[\text{MW} \cdot \text{h}] \quad \times 100$$

・CGS 依存率（熱）[%]：建物の熱需要量に対してCGSによる排熱利用量が占める割合

$$= \text{排熱で作り出した熱量（冷水、蒸気）}[\text{GJ}] / \text{熱需要量}[\text{GJ}] \quad \times 100$$

・排熱利用率[%]：取り出した排熱のうち、各熱利用機器によって利用したエネルギーの割合

$$= \text{排熱利用量}[\text{GJ}] / \text{排熱回収量}[\text{GJ}] \quad \times 100$$

・総合効率[%]：CGSが消費したエネルギーに対して取り出したエネルギーの割合

$$= ((\text{CGS 発電量} - \text{CGS 補機電力量}) \times 3.6 + \text{排熱利用量}) / (\text{燃料消費量}[\text{m}^3(\text{N})] \times \text{燃料の高位発熱量}[\text{GJ} / \text{m}^3(\text{N})]) \quad \times 100$$

### 1.3 エネルギーの面的利用

従来、建物のエネルギーシステムは熱源機器などで作り出したエネルギーを建物内のみで利用するだけであった。しかし、エネルギーの面的利用では、作り出したエネルギーを個々の建物ではなく、面的な複数の建物で利用しエネルギーの最適化を図るものである。コージェネレーションシステムを例に挙げると、建物内の電力負荷や熱負荷は建物ごとにそのピークが異なる。そこでピーク時以外における余剰エネルギーを他の建物へ移送し、利用することによって、エネルギーをより効率的に活用することができる。現在このような取り組みは地域熱供給の一つとして行われている。

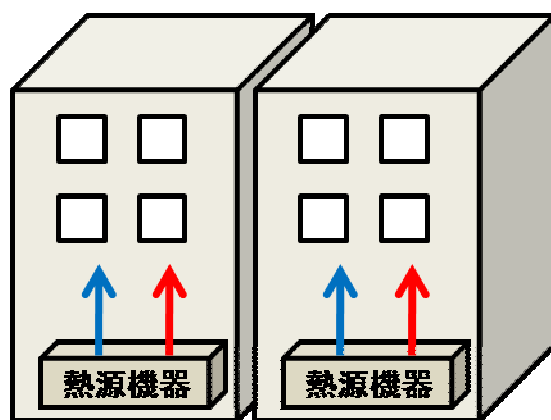


図 1. 一般的な建物のエネルギーシステム

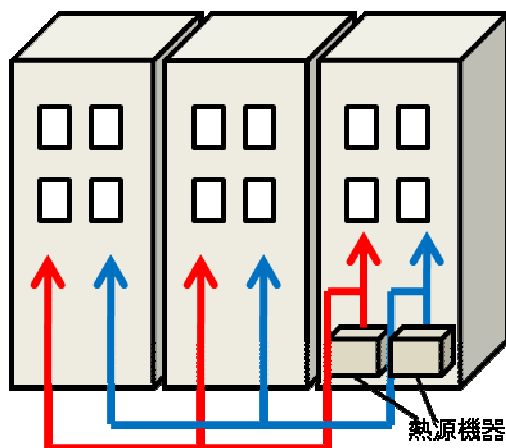


図 2. エネルギーの面的利用

## 第2章 検討対象モデル

### 2.1 建物モデルの概要

検討対象とする超高層ビルは、近年、都市部の再開発で建築されているような事務所、店舗のほかスポーツジムがある多目的な用途に用いられるビルを想定した。このようなビルでは、通年で熱需要が期待できる。以下に概要を示す。

延床面積	: 177456 m <sup>2</sup>
階数	: 地上 52 階、地下 4 階
主用途	: 事務所、店舗、スポーツジム
契約電力	: 7000kW

## 2.2 対象建物のエネルギー需要

対象とする建物は様々な業種が存在する建物であるので、エネルギー需要は、平日と休日において異なっている。そこで、文献<sup>2)</sup>から、電力、冷水、蒸気、の3つに関して、表1に示す建物全体の年間需要原単位、最大需要原単位、月別需要原単位を求めた。さらに、表2に示す平日に対する休日の需要割合と各月の休日の日数から、平日と休日の各月における需要原単位を求め、それらを合計して、休日と平日の年間需要原単位を求め、同時に月別需要割合を求めた。これらの計算結果を表3、表4と、図3、図4に示す。

また、文献から得られた平日と、休日の各月代表日の時刻別需要割合を利用して各月代表日の時刻別需要原単位を同時に求める。なお、平日、休日の日数は2007年のカレンダーを元に設定している。

これらの算定式を以下に示す。

・月別需要原単位（平日）

$$= \text{月別需要原単位(全体)} / (\text{月の日数} - (1 - \text{休日の需要割合} / 100) \times \text{休日日数}) \times \text{平日日数}$$

・月別需要原単位（休日）

$$= \text{月別需要原単位(全体)} - \text{月別需要原単位(平日)}$$

・月別需要割合（平日）

$$= \text{月別需要原単位(平日)} / \text{年間需要原単位(平日)}$$

・月別需要割合（休日）

$$= \text{月別需要原単位(休日)} / \text{年間需要原単位(休日)}$$

・各月代表日の時刻別需要原単位（平日）

$$= \text{時刻別需要割合（平日）} \times \text{月別需要原単位（平日）} / \text{平日日数}$$

・各月代表日の時刻別需要原単位（休日）

$$= \text{時刻別需要割合（休日）} \times \text{月別需要原単位（休日）} / \text{休日日数}$$

表1に各負荷の年間需要原単位、最大需要原単位、月別需要原単位を記す。

付録に平日と休日の各月時刻別需要原単位を記す。



表 1. 年間を通したエネルギー需要原単位

月	日数	エネルギー需要原単位 (kW・h/m <sup>2</sup> )		
		電力	蒸気	冷水
1	31	14.7	11.3	3.1
2	28	14.1	10.4	3.0
3	31	15.9	9.0	3.8
4	30	15.3	5.2	6.6
5	31	15.5	3.7	8.8
6	30	15.7	2.5	18.4
7	31	16.1	2.4	23.4
8	31	16.1	2.2	28.2
9	30	15.3	2.2	19.6
10	31	15.6	3.1	10.7
11	30	15.1	6.5	5.0
12	31	15.3	11.2	3.5
最大需要 (W / m <sup>2</sup> )		46.80	42.70	89.10
年間需要 (kW・h/ m <sup>2</sup> )		184.7	69.7	134.1

表 2. 休日の需要割合

月	日数	休日のエネルギー需要割合(%)		
		電力	蒸気	冷水
1	12	69.0	84.0	72.0
2	9	72.0	84.0	74.0
3	10	72.0	77.0	71.0
4	10	70.0	87.0	73.0
5	10	72.0	99.0	59.0
6	9	72.0	83.0	99.0
7	10	72.0	101.0	75.0
8	11	79.0	98.0	83.0
9	11	71.0	93.0	77.0
10	9	73.0	93.0	74.0
11	9	75.0	55.0	83.0
12	12	73.0	76.0	78.0

以下の表 3 に平日における月別の需要割合、図 3 に平日における月別の需要原単位を示す。

表 3. 平日の月別需要割合

月	日数	月別需要割合（平日：％）		
		電力	蒸気	冷水
1	19	7.56	15.09	2.21
2	19	7.76	15.20	2.31
3	21	8.74	13.46	2.95
4	20	8.37	7.40	5.03
5	21	8.52	5.14	7.14
6	21	8.86	3.77	13.43
7	21	8.85	3.31	17.92
8	20	8.29	2.92	20.12
9	19	8.01	2.92	14.09
10	22	8.87	4.59	8.54
11	21	8.44	10.75	3.83
12	19	7.73	15.46	2.44
最大負荷(W/ m <sup>2</sup> )		46.80	42.70	89.10
年間負荷(kW・h/ m <sup>2</sup> )		135.43	48.94	96.22

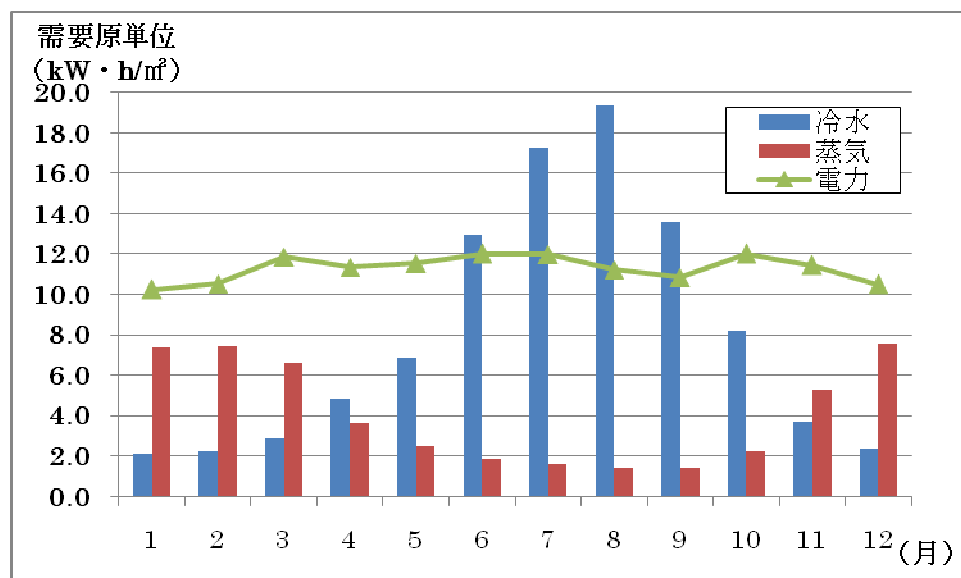


図 3. 平日における月別エネルギー需要原単位

以下の表 4 に休日の月別需要割合、図 4 に休日の月別エネルギー需要原単位を示す。

表 4. 休日の月別需要割合

月	日数	月別需要割合（休日：％）		
		電力	暖房	冷房
1	12	9.06	18.87	2.56
2	9	7.28	14.26	2.06
3	10	8.24	11.63	2.53
4	10	8.05	7.59	4.66
5	10	8.03	5.71	5.10
6	9	7.51	3.16	14.47
7	10	8.34	3.75	16.26
8	11	9.90	3.71	23.33
9	11	9.05	3.71	15.95
10	9	7.28	4.12	6.56
11	9	7.45	5.97	3.46
12	12	9.80	17.50	3.05
最大負荷(W/ m <sup>2</sup> )		46.80	42.70	89.10
年間負荷(kW・h/ m <sup>2</sup> )		49.27	20.76	37.88

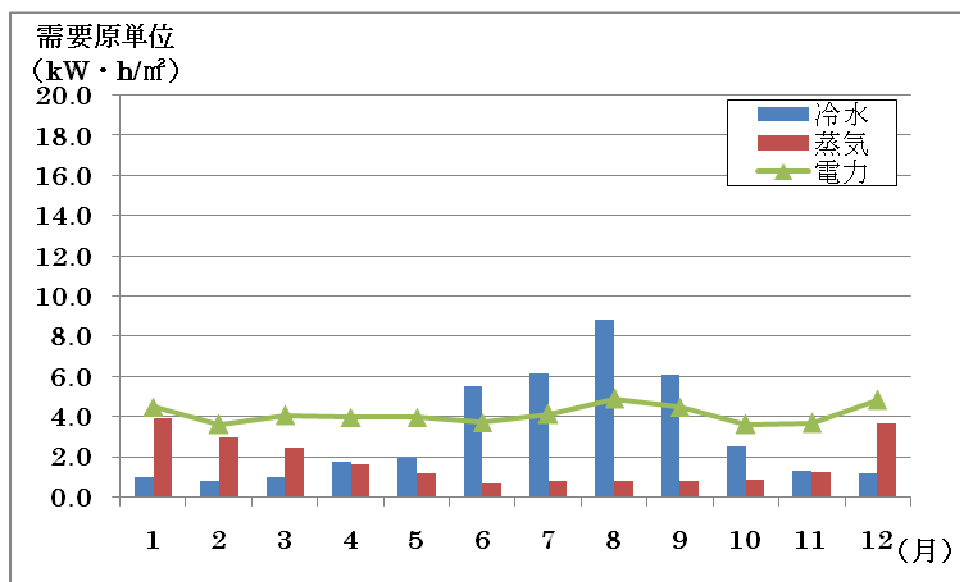


図 4. 休日における月別エネルギー需要原単位

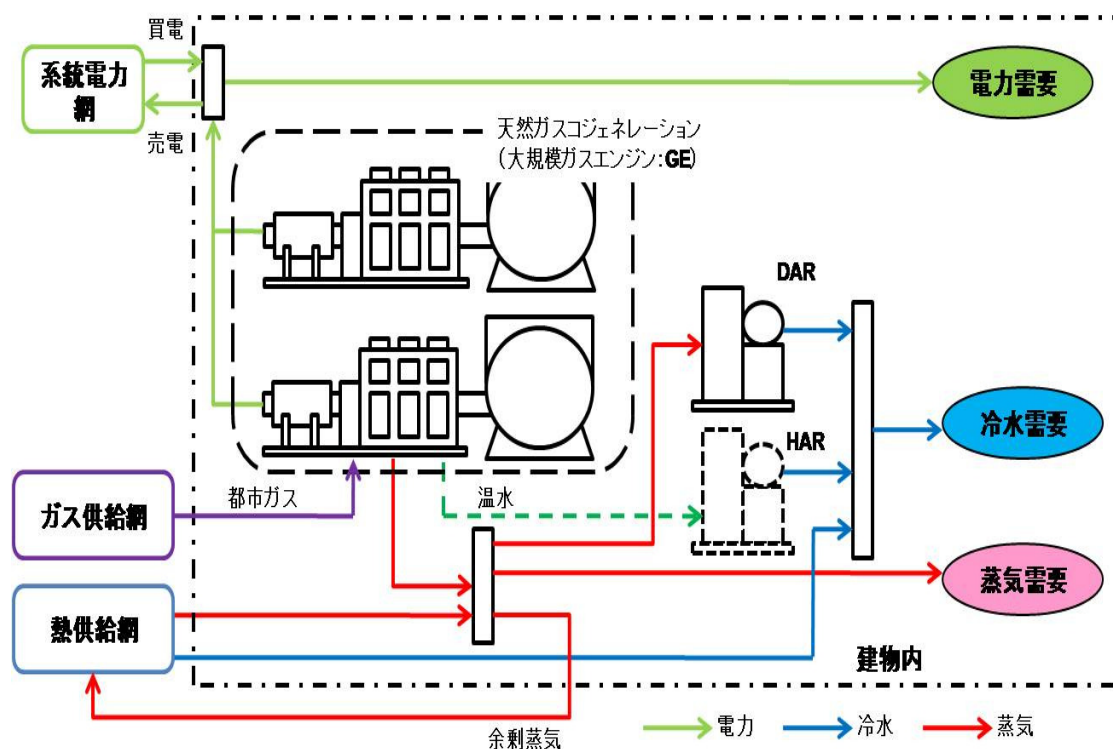
### 2.3 想定システム

想定とするシステムは、電力の最大需要がおよそ 8500kW となるので、数千 kW 級の大規模な天然ガスコジェネレーションシステムを導入することを想定する。

また、各熱需要に対しては、排熱を利用した二重効用蒸気吸収式冷凍機（DAR）と、単効用温水吸収式冷凍機（HAR）によって冷水供給し、足りない分を熱供給網である地域冷暖房側からのエネルギーの供給することを想定する。なお、排熱に関しては、冷凍機と蒸気需要で使用されなかった余剰分は地域熱供給網に供給しているものとする。

図 5 は想定するシステムの概要になる。

熱供給網の容量に関しては、十分な量の高層ビルで構成される市街地であると仮定する。このような地域では各ビルのピークとなる時刻がそれぞれ異なるため、どんな時刻においても熱供給網の容量はビルの熱負荷をすべて賄うことができると想定する。



## 2.4 機器の負荷特性

### 2.4.1 ガスエンジン

コージェネレーションシステムは、商用化されているガスエンジンシステムのうち、トップランナー機種に基づいて機器特性を設定する。今回想定したものは、建物の最大電力負荷から考えて、数千kW級の大型のガスエンジンである。表5は想定したガスエンジンの負荷特性である。定格出力2000kWのものはN社の2120kW機のエンジンを、定格出力4000kWのものはM社の3800kW機のもの参考にしている。

まず、以下の計算により、表5で得られた各負荷率の発電効率、蒸気回収率、温水回収率から燃料消費量、各排熱回収量を計算した。

・負荷率  $X$

$$= \text{電力負荷} / \text{定格出力 EGMX} \quad (0 \leq X \leq 1)$$

・燃料消費量 FEG

$$= \text{EGMX} \times X / (\text{発電効率} / 100 \times \text{燃料発熱量})$$

・蒸気による排熱回収量 RWS

$$= \text{FEG} \times \text{燃料発熱量} \times \text{蒸気回収率} / 100$$

・温水による排熱回収量 RWW

$$= \text{FEG} \times \text{燃料発熱量} \times \text{温水回収率} / 100$$

燃料消費量 FEG : [m<sup>3</sup> (N) ]、

定格出力 (1 h 当たりの出力) : [kW・h]、

燃料発熱量 : 都市ガス 13A の高位発熱量 = 12.5 [kW・h / m<sup>3</sup> (N) ]

排熱回収量 RWS、RWW : [kW・h]

以上で算出した値より、最小 2 乗法を用いて燃料消費量、蒸気による排熱回収量、温水による排熱回収量の 3 つをいずれも負荷率  $X$  の 2 次式で近似をした。

以下に近似式を示す。

2000kW 級

$$\text{FEG} = 83.7X^2 + 163.6X + 126.5$$

$$\text{RWS} = 690.3X^2 - 223.3X + 523.6$$

$$\text{RWW} = -187.2X^2 + 642.5X + 49.3$$

4000kW 級

$$\text{FEG} = 40.7X^2 + 540.6X + 129.8$$

$$\text{RWS} = 641.1X^2 + 131.0X + 943.4$$

$$\text{RWW} = 415.3X^2 + 565.5X + 423.7$$

図 5 と図 6 にこの式から得たエンジンの負荷特性を記す。

表 5. ガスエンジンの負荷特性

		負荷率		
		100%	75%	50%
定格出力 2000kW	発電効率 (%)	42.8	40.5	34.9
	蒸気回収率 (%)	21.2	20.1	20.4
	温水回収率 (%)	10.8	11.5	11.3
定格出力 4000kW	発電効率 (%)	45.0	43.0	39.0
	蒸気回収率 (%)	19.3	20.1	22.8
	温水回収率 (%)	15.8	15.5	15.8

2000kW 級のは N 社の定格出力 2120kW のガスエンジン、4000kW 級のは M 社の 3800kW 級のガスエンジンを参考に行っている。



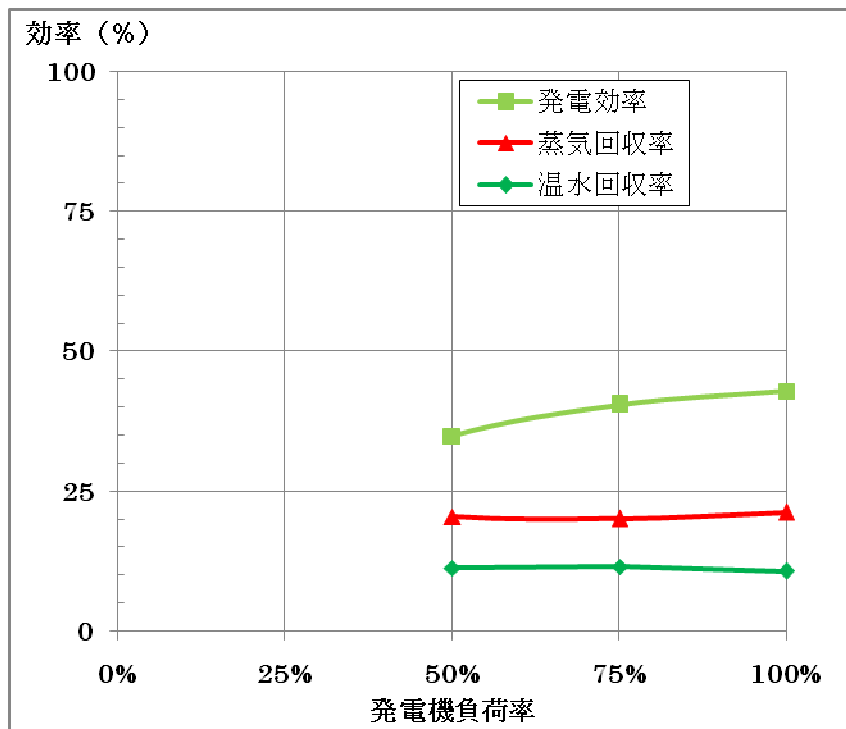


図 5. 2000kW 級ガスエンジンの負荷特性

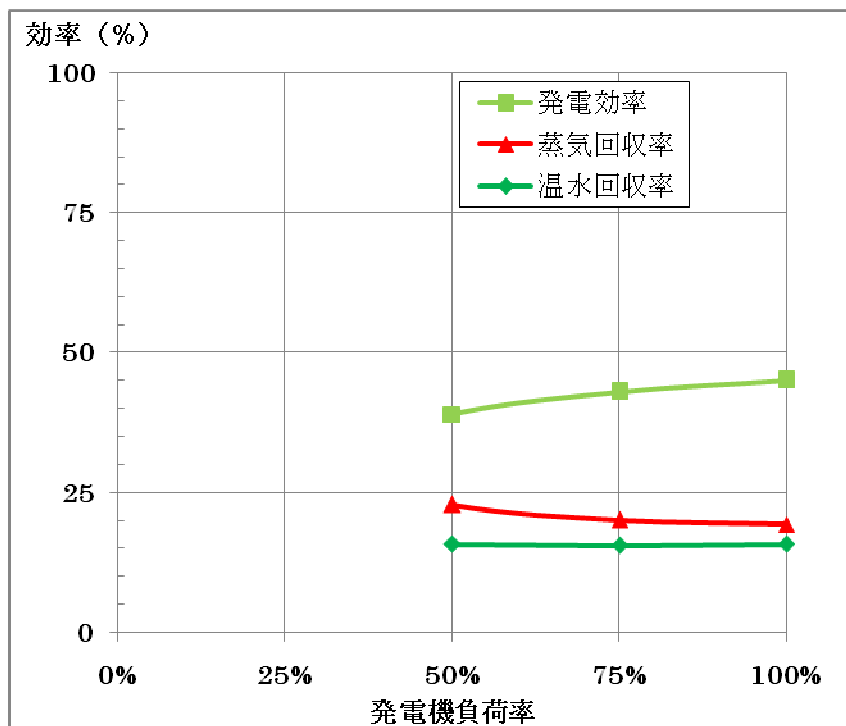


図 6. 4000kW 級ガスエンジンの負荷特性

#### 2.4.2 冷凍機

冷凍機に関しては、排熱の回収が蒸気と温水に分かれているので、二重効用蒸気吸収式冷凍機（DAR）と単効用温水吸収式冷凍機（HAR）の導入を検討する。冷凍機の性能は、成績係数（COP）を用いてその性能を示す。以下は COP の関係式になる。

・成績係数（COP）

＝冷凍能力[kW]／投入熱量[kW]

この関係から、

投入熱量＝冷凍能力／COP

となる。冷凍能力が負荷によって変動すると考えると、そのときの COP がわかれば、冷凍機にかかる負荷から使用した熱量を計算できる。

冷凍機の部分負荷特性は、文献などからその特性を推測した。吸収式冷凍機では、投入熱量と冷凍能力が比例関係に近い。したがって、部分負荷時においても、COP は全負荷のときのものとほぼ等しいと考えられる。

したがって、各冷凍機のトップランナー機種のを参考に、

二重効用蒸気吸収式冷凍機（DAR）の COP を、

COP＝1.51

単効用温水吸収式冷凍機（HAR）の COP を、

COP＝0.8

とする。

### 第3章 シミュレーション計算

#### 3.1 シミュレーション条件

本研究において、シミュレーションした条件は、温水吸収式冷凍機を導入して温水を利用する場合と、温水吸収式冷凍機を導入しない場合の2条件である。CGSの容量は、発電機が平日、休日ともに日中、定格運転できる容量を想定し、最大電力負荷の半分程度の容量である4000kWとした。したがって、売電、売熱はないものとする。また、休日では、電力負荷がCGS全体容量の50%以下になる時間帯があることを考慮し、2000kW級のCGSを2台することを想定する。

- 延床面積： 177000 m<sup>2</sup>
- 最大電力負荷： 8284kW  
(=最大電力需要原単位  $46.8 \times 10^{-3}$  [kW/m<sup>2</sup>] × 延床面積 177000[m<sup>2</sup>])
- CGS 容量： 2000kW 級×2 台
  
- CGS 運転条件  
電力負荷追従運転  
発電量のうち、5%は補機へ送電されとする。  
運転時間： 8:00~22:00
  
- 吸収冷凍機  
二重効用蒸気吸収式冷凍機 (DAR)  
定格冷凍能力： 2992 kW (=850 USRT)  
  
単効用温水吸収式冷凍機 (HAR)  
定格冷凍能力： 810 kW (=230 USRT)

### 3.2 導入効果の指標

CGS 導入効果は、以下に示す係数をもとに試算し、各条件と CGS 導入をしていない場合の値との比較によって評価する。試算するために必要な各種換算値を以下に記す。

#### (1) 省エネルギー性

省エネルギー性は、電力、冷水、蒸気の 3 種類のエネルギーを比較するために、1 次エネルギーに換算して比較を行う。表 6 に 1 次エネルギー換算値に示す。系統電力、熱供給の換算値に関しては、省エネルギー法施行規則による。また都市ガスに関しては、都市ガス 13A の高位発熱量である。

#### (2) 環境性

環境性は、CGS で使用されるのは都市ガス (13A) であり、 $\text{SO}_x$  や PM などの特に有害な大気汚染物質の排出が少ないという点、また建物ごとに採用される熱源システムが異なり、地域熱供給側のエネルギー源が、排出する大気汚染物質に関しての比較をするのが難しいことから、 $\text{CO}_2$  排出量を試算し、評価する。表 7 に  $\text{CO}_2$  排出係数をまとめる。これらの  $\text{CO}_2$  排出係数は地球温暖化対策の推進に関する法律施行令による。

#### (3) 経済性

経済性は、CGS 設備費用の単純回収年数を求めることで評価を行う。文献<sup>2)</sup> から参照した各費用の単価を、表 8 に示す。買電量や買熱量などのシミュレーション結果から、年間費用を試算し単純回収年数を求める。また契約量は平均日の最大負荷より求めた。

表 6. 1 次エネルギー換算値

1 次エネルギー換算値	系統電力	昼間：8：00～22：00	9.97MJ/kWh
		夜間：22：00～8：00	9.28MJ/kWh
	都市ガス		45.0MJ/m <sup>3</sup> (N)
	熱供給		1.36MJ/MJ

表 7. CO<sub>2</sub> 排出係数

CO <sub>2</sub> 排出係数	電力	0.555kg-CO <sub>2</sub> /kWh
	都市ガス	2.28kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> (N)
	熱供給網	0.057kg-CO <sub>2</sub> / GJ

表 8. CGS に関わる費用

設備投資		単価	単位
CGS ガスエンジン		150	千円/kW
熱源設備	DAR	300	千円/RT
	HAR		
計装設備・付帯設備		100000	千円/一式
光熱費			
電力	基本料金	1500	円/kW・月
	自家発補給	495	円/kW・月
	従量料金	9	円/kWh
都市ガス		40	円/m <sup>3</sup> (N)
冷水	基本料金	321	円/MJ /h
	従量料金	2. 59	円/MJ/h
蒸気	基本料金	85. 4	円/MJ/h
	従量料金	1. 78	円/MJ/h
維持管理費			
CGS 設備		2	円/kWh <sup>※1</sup>
冷凍機		1	% <sup>※2</sup>
保守管理員		6000000	円/年
税金保険	租税課金	0. 7	% <sup>※3</sup>
	保険料	0. 5	% <sup>※3</sup>

※1CGS 発電量に対する値

※2 冷凍機への設備投資費に対する値

※3 設備投資費を固定資産として、その費用に対する値

### 3.3 シミュレーションプログラム

シミュレーションプログラムは FORTRAN を用いて作成した。図 7 にメインプログラムのおおまかな流れを示す。まず各月の代表日における時刻別負荷を計算し、それらを合計した後、日数をかけて 1 カ月分の負荷とする。それを 1 月～12 月まで繰り返し、最後のそれらを合計し、1 年間の値として出力している。負荷に対する各機器の運転条件は、サブプログラムを作り、計算している。図 8、図 9、図 10 にサブプログラムのフローチャートを示す。

また、排熱の利用、及び機器稼働の優先順位に関しては次のように仮定する。

なお、付録に計算に用いたプログラムを記す。

蒸気利用

冷水負荷（冷凍機での利用） > 蒸気負荷

冷水負荷

温水吸収式冷凍機 > 蒸気吸収式冷凍機 > 地域熱供給網

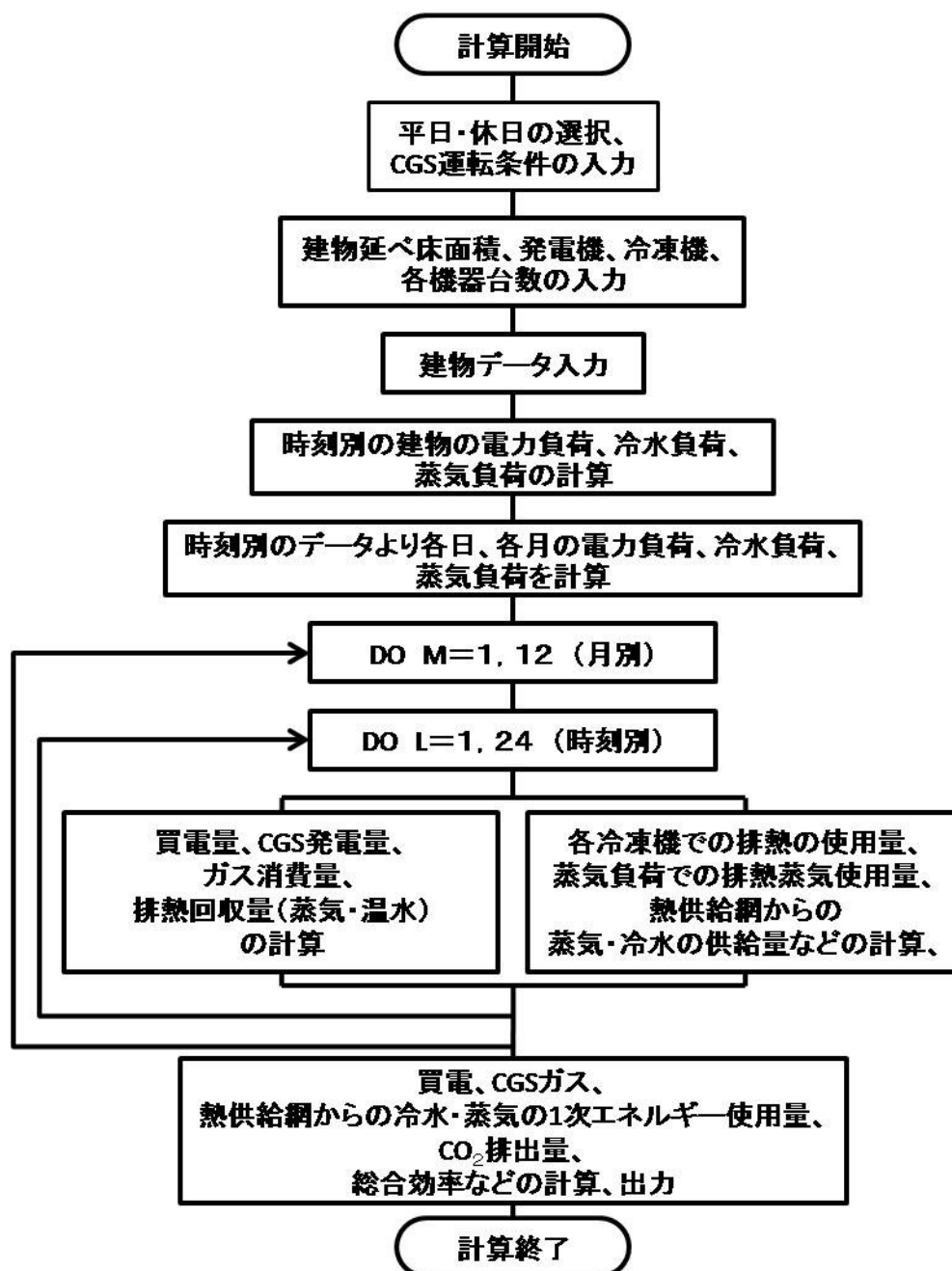


図 7. メインプログラムのフローチャート



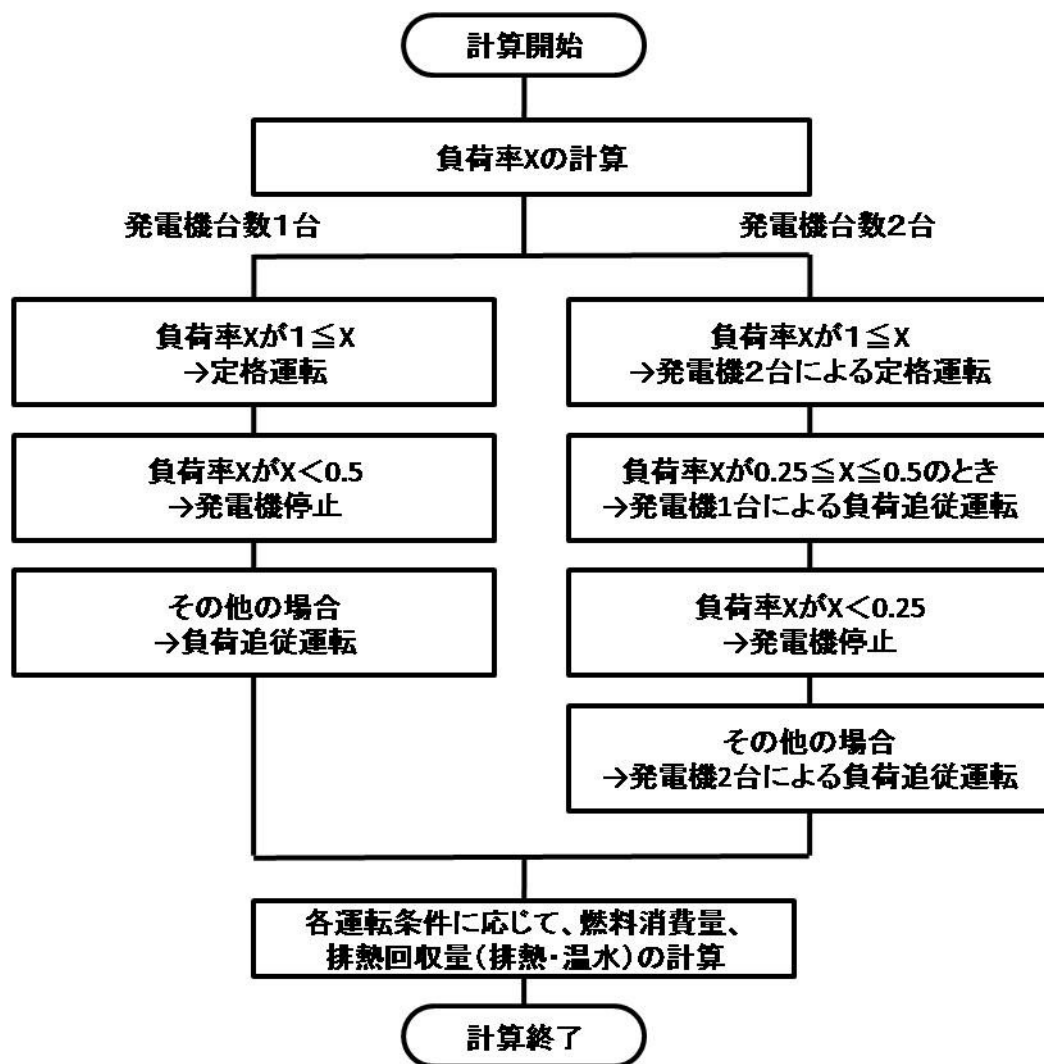


図 8. ガスエンジンの運転パターン

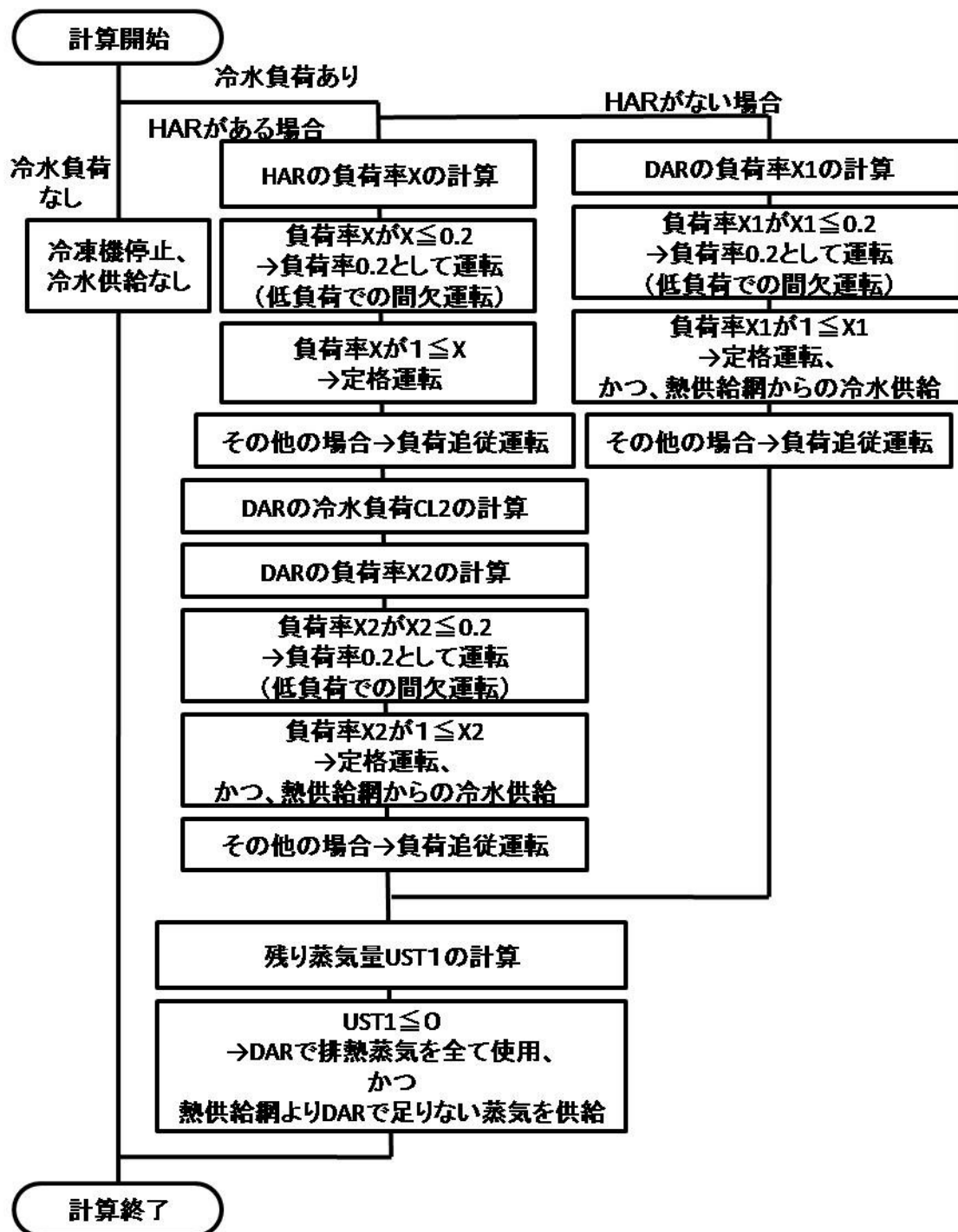


図 9. 冷凍機の運転パターン

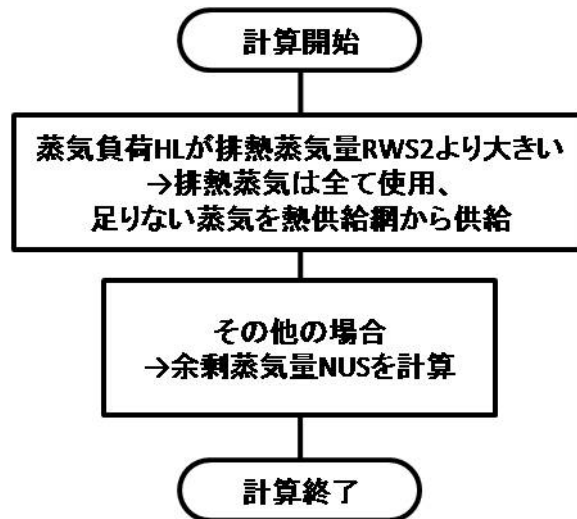


図 10. 蒸気利用のパターン

## 第4章 計算結果

### 4.1 時刻別負荷供給

図 11～16 に各季節ごとにおける CGS 発電と買電量の時刻別変化を示す。CGS は電力負荷に応じて運転するので、電力負荷においては HAR の有無による差はない。発電機に関しては、平日はほとんどの時間において定格で運転しており、日中は電力負荷ピーク時の約 60%を賄っている。休日では部分負荷運転が主となり、ピーク時の約 70%と CGS による発電で賄える割合が多くなる。また、平日は、季節によらず電力負荷のピークは 13 時～14 時とそれほど変わりはない。休日はピークの時間が 12 時～17 時と季節によってばらつきが出るが、この時間帯では定格運転か高負荷での運転となる。

図 17～28 に各季節ごとの冷水供給の時刻別変化を示す。HAR のある場合は春季と冬季の冷水供給は CGS 運転時間中は排熱のみで賄っており、冬季の休日のように冷水負荷が低い日では HAR 単独の運転になる時間帯もある。HAR のない場合でも、冬季はほぼ排熱のみで賄うことができ、春季は平日のピークとなる 13 時～17 時以外の時間帯は排熱のみで賄っており、ほとんどの時間を CGS の排熱によって冷水負荷を賄うことができている。夏季においてはいずれの場合も排熱のみでは賄うことができず、熱供給網から冷水負荷の 50%以上を供給してもらっている。

図 29～40 に各季節ごとの蒸気供給の時刻別変化を示す。HAR のある場合は、DAR で使用される蒸気が少なくなり、結果として HAR のない場合より、特に春季・冬季において排熱による蒸気供給が多くなる。夏季は排熱蒸気が冷凍機ですべて使われるため、蒸気負荷への供給がすべて熱供給網からのものとなる。さらに、朝や夜など、電力負荷が少なく、発電機が定格で運転しない時間帯では、冷凍機で使用する蒸気が排熱のみでは賄いきれず足りなくなるので、その場合は冷凍機で用いる不足分の蒸気を熱供給網側からの蒸気供給で補っている。そのため、この時間帯では蒸気供給は実際の蒸気負荷より多い。

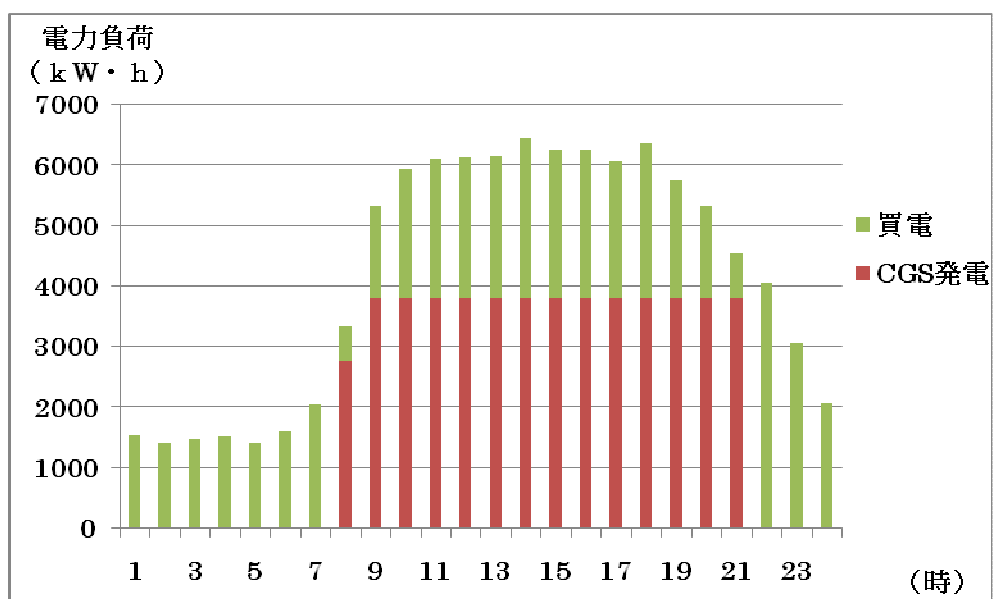


図 11. 4 月（春季）の平日時刻別電力負荷

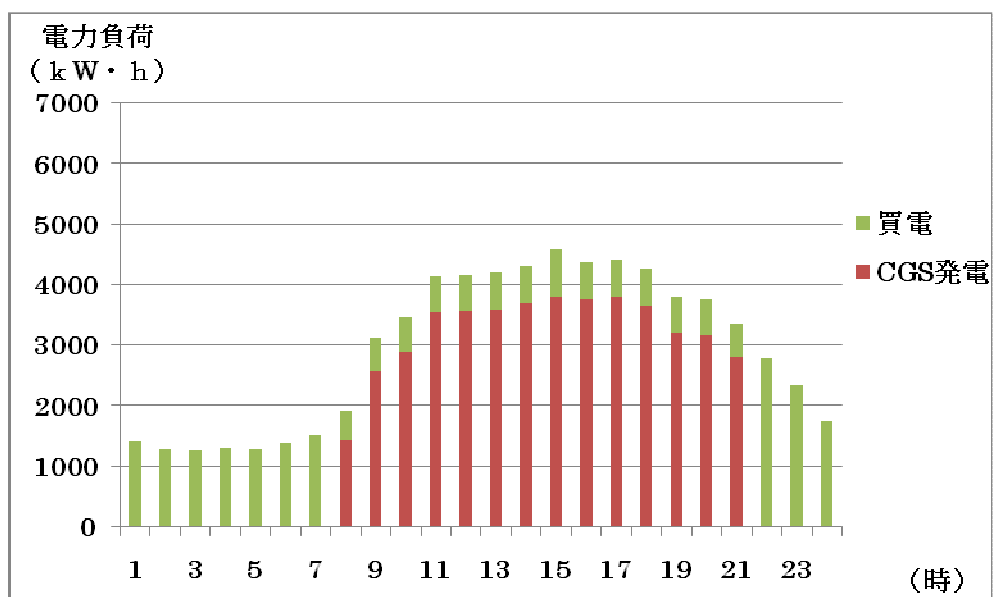


図 12. 4 月（春季）の休日時刻別電力負荷

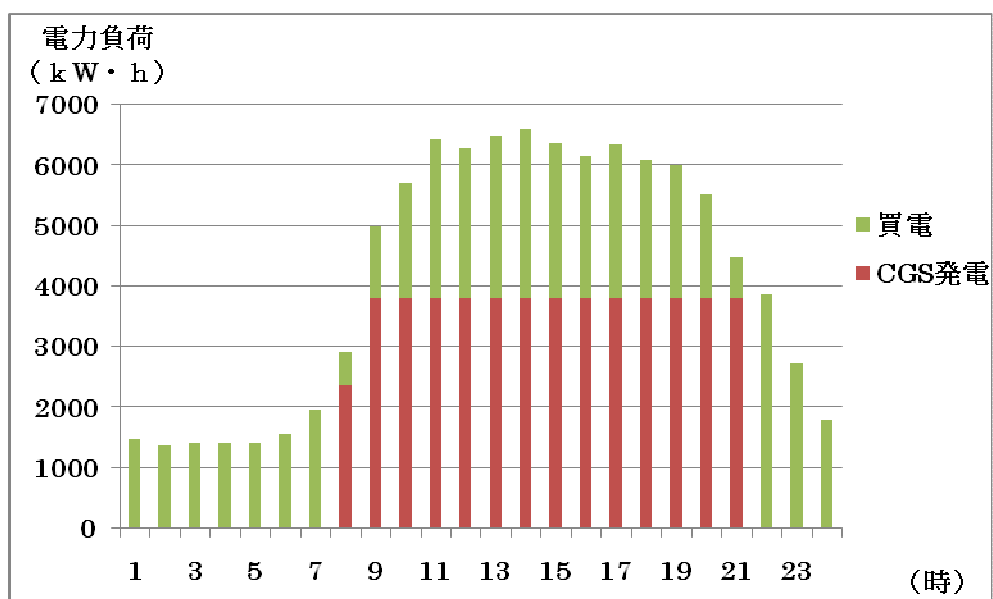


図 13. 8 月（夏季）の平日時刻別電力負荷

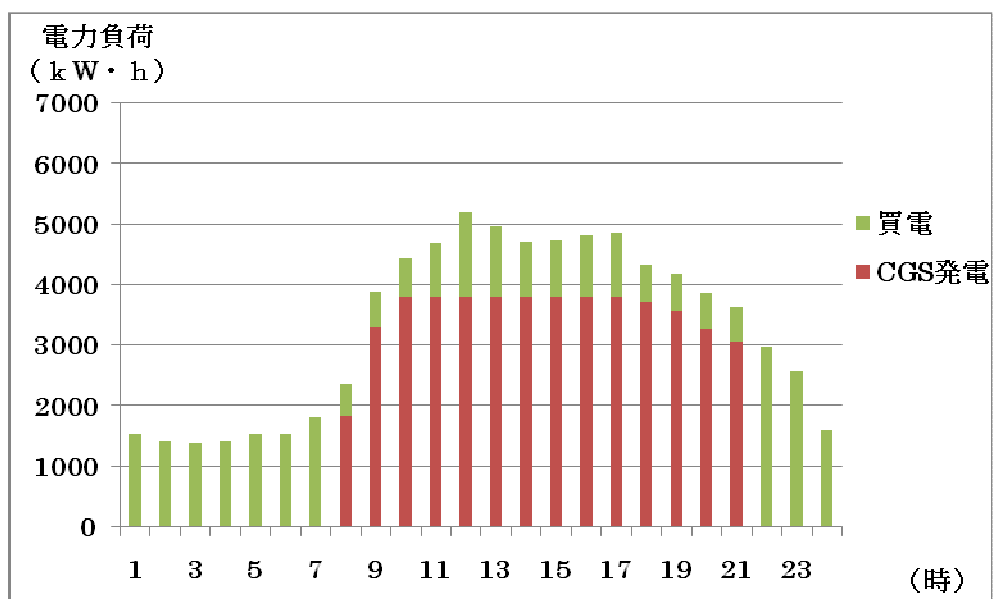


図 14. 8 月（夏季）の休日時刻別電力負荷

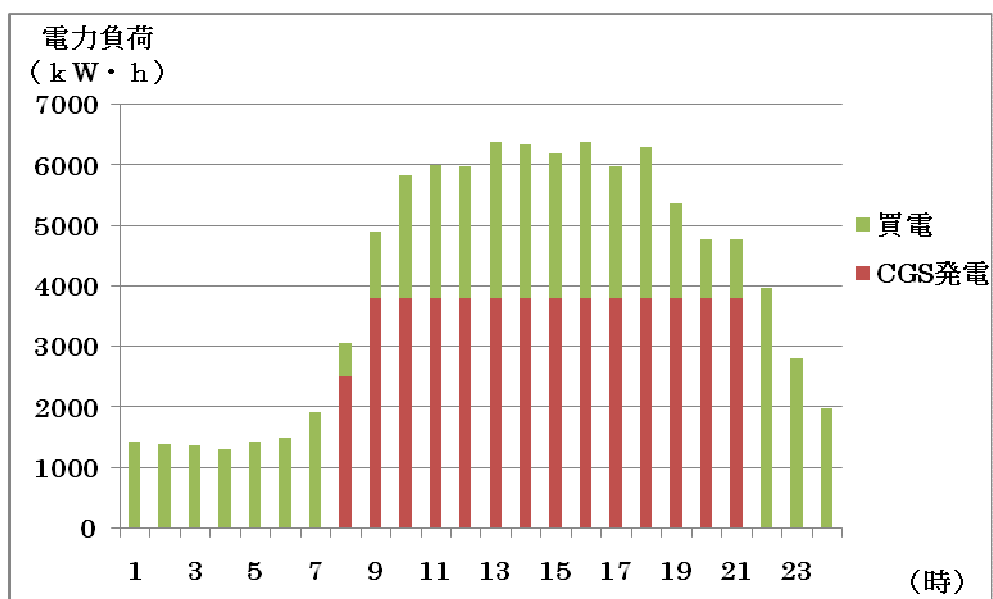


図 15. 12 月（冬季）の平日時刻別電力負荷

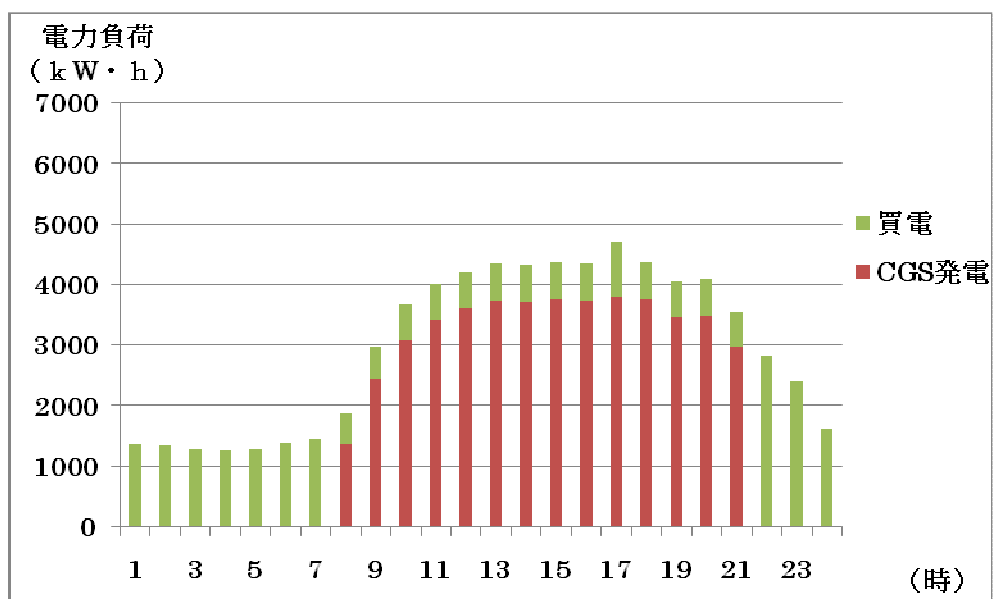


図 16. 12 月（冬季）の休日時刻別電力負荷

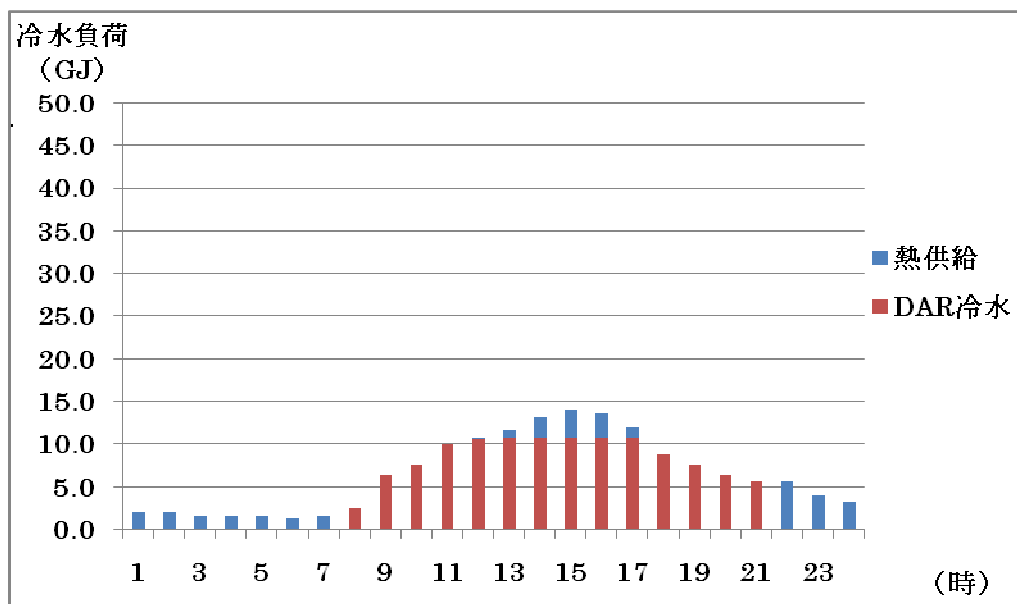


図 17. 4 月（春季）の平日時刻別冷水負荷（HAR なし）

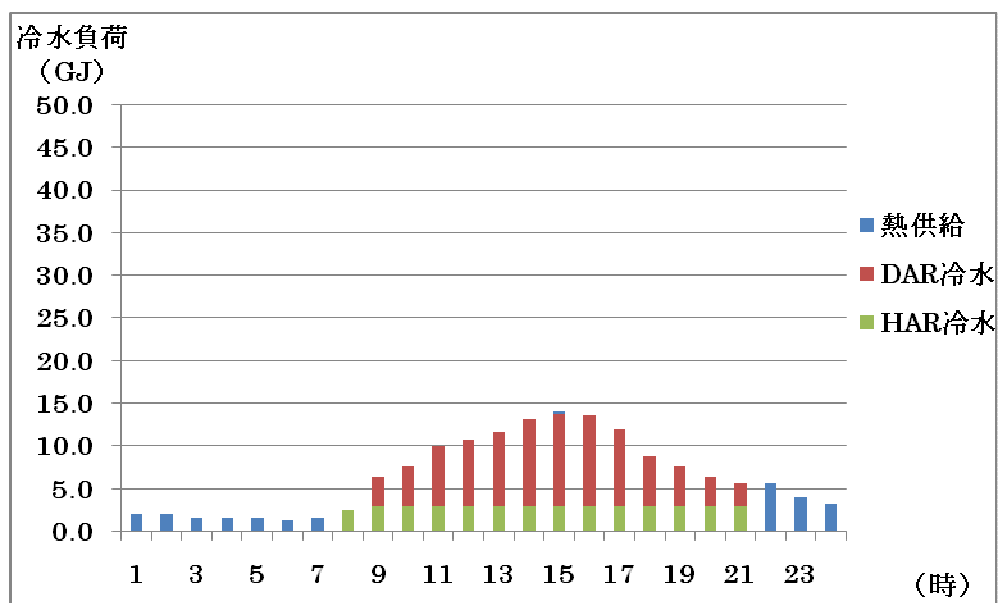


図 18. 4 月（春季）の平日時刻別冷水負荷（HAR あり）



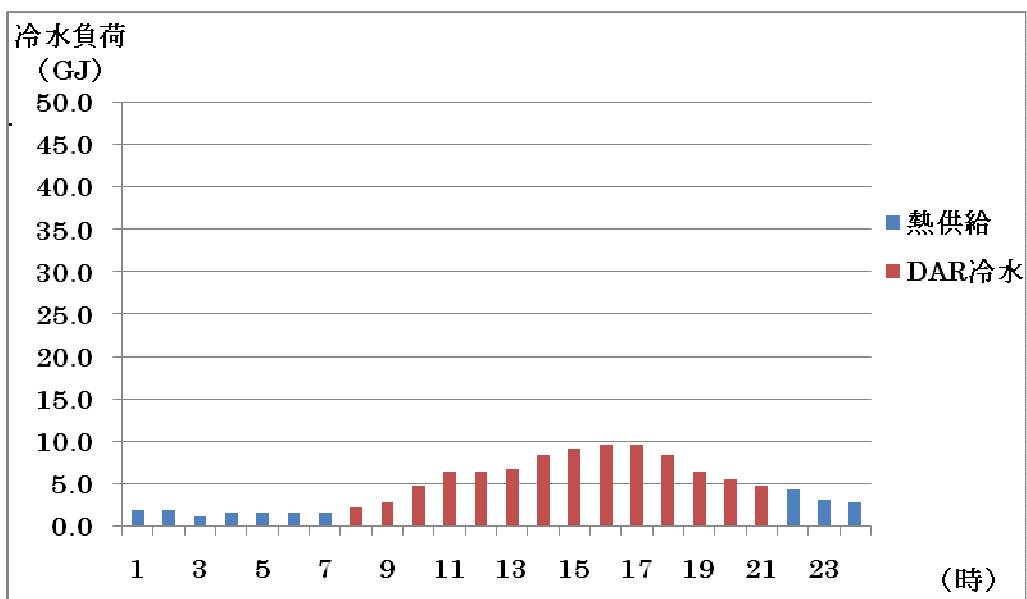


図 19. 4 月（春季）の休日時刻別冷水負荷（HAR なし）

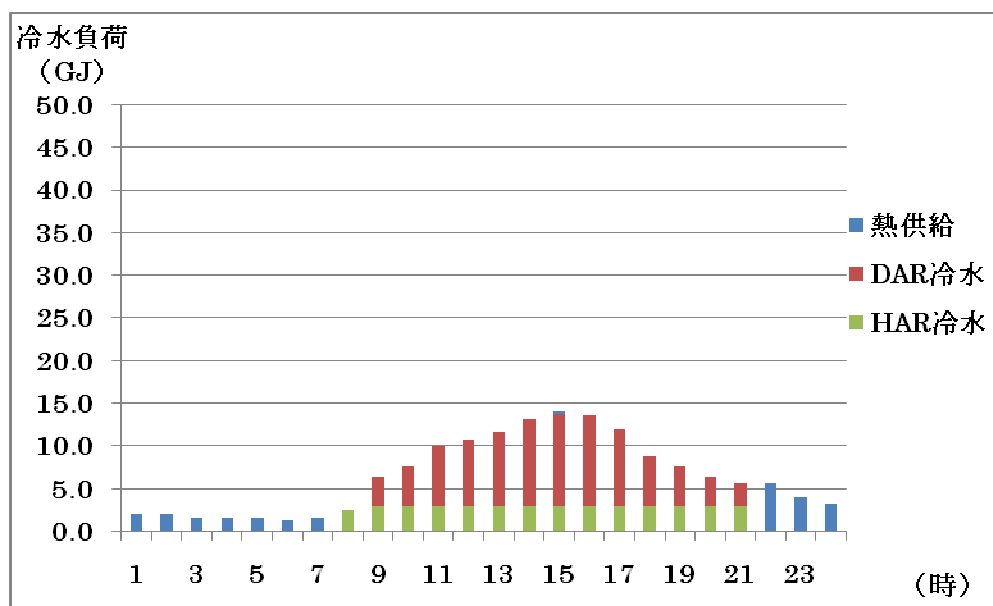


図 20. 4 月（春季）の休日時刻別冷水負荷（HAR あり）

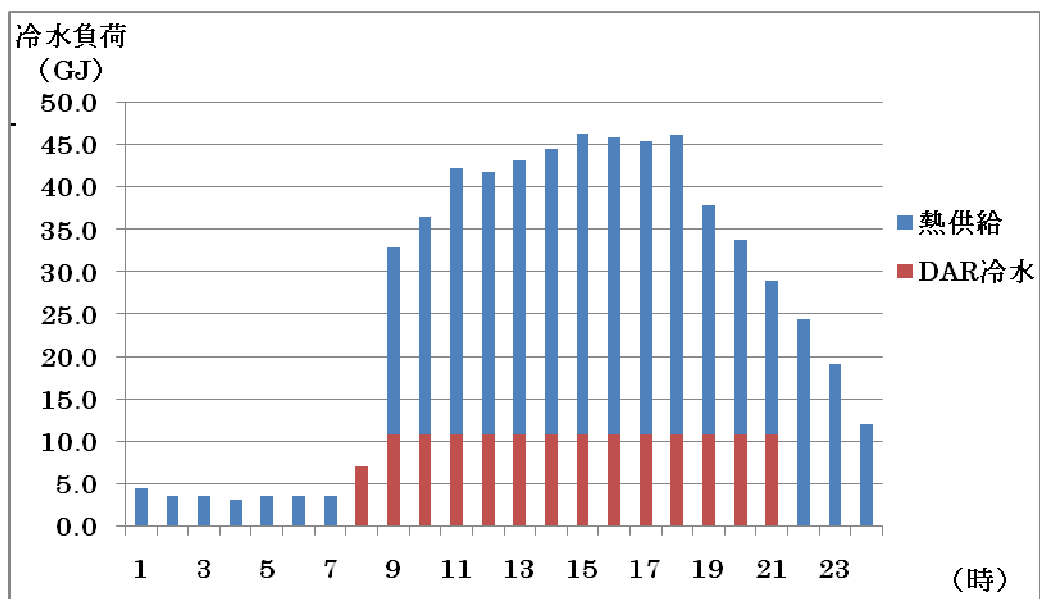


図 21. 8 月（夏季）の平日時刻別冷水負荷（HAR なし）

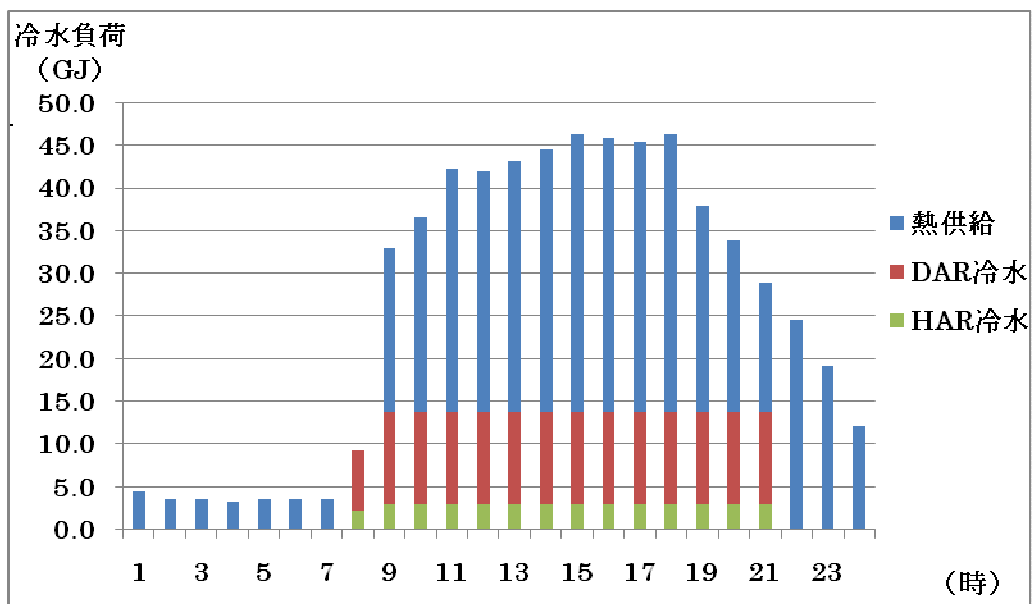


図 22. 8 月（夏季）の平日時刻別冷水負荷（HAR あり）

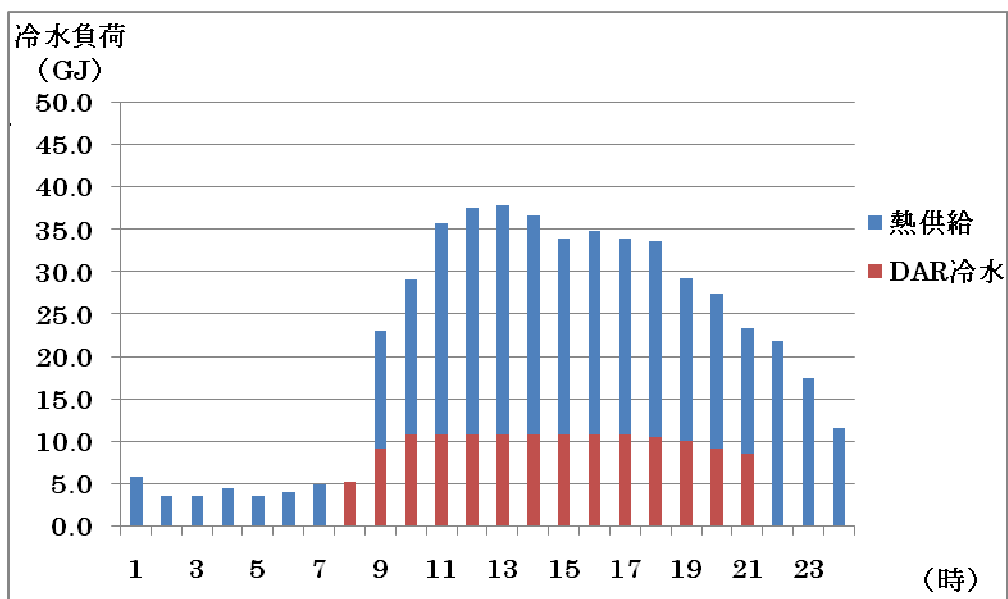


図 23. 8 月（夏季）の休日時刻別冷水負荷（HAR なし）

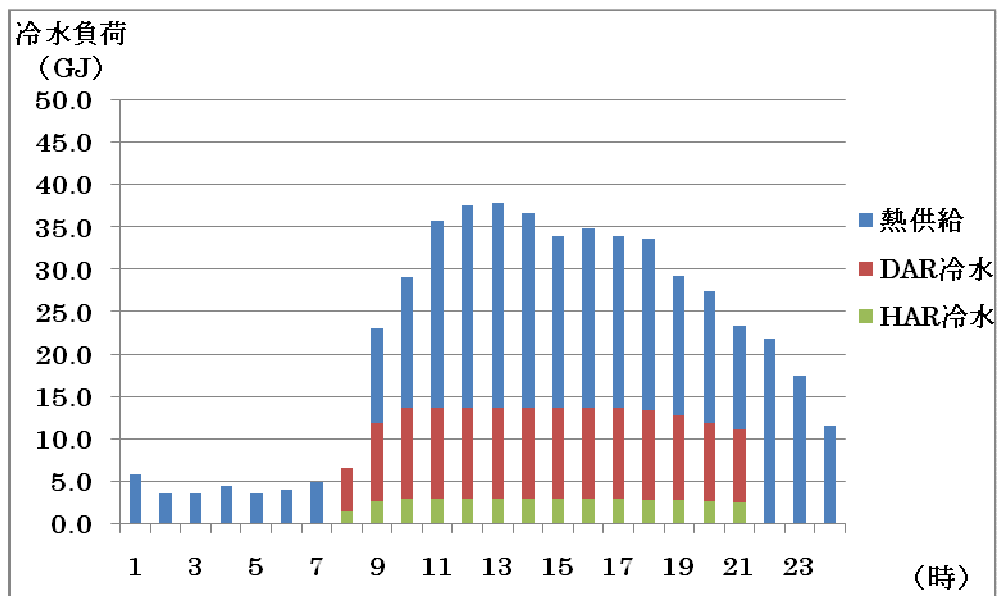


図 24. 8 月（夏季）の休日時刻別冷水負荷（HAR あり）

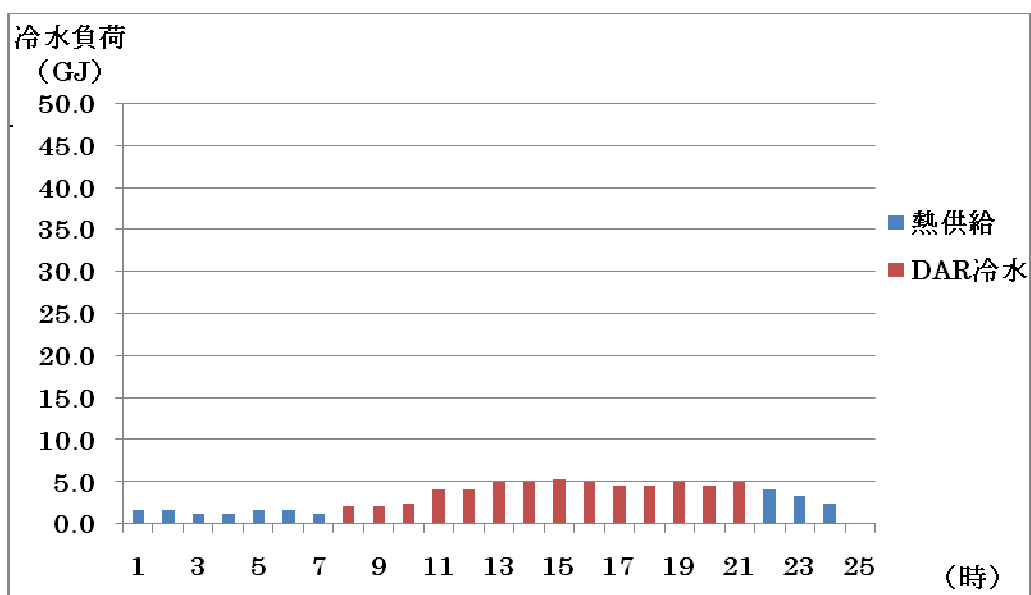


図 25. 12 月（冬季）の平日時刻別冷水負荷（HAR なし）

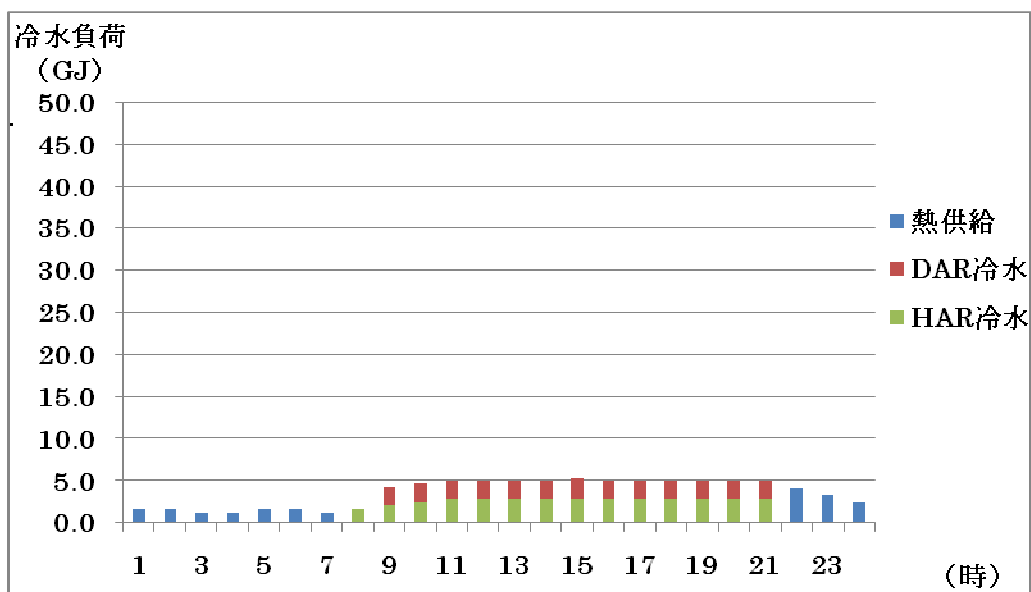


図 26. 12 月（冬季）の平日時刻別冷水負荷（HAR あり）

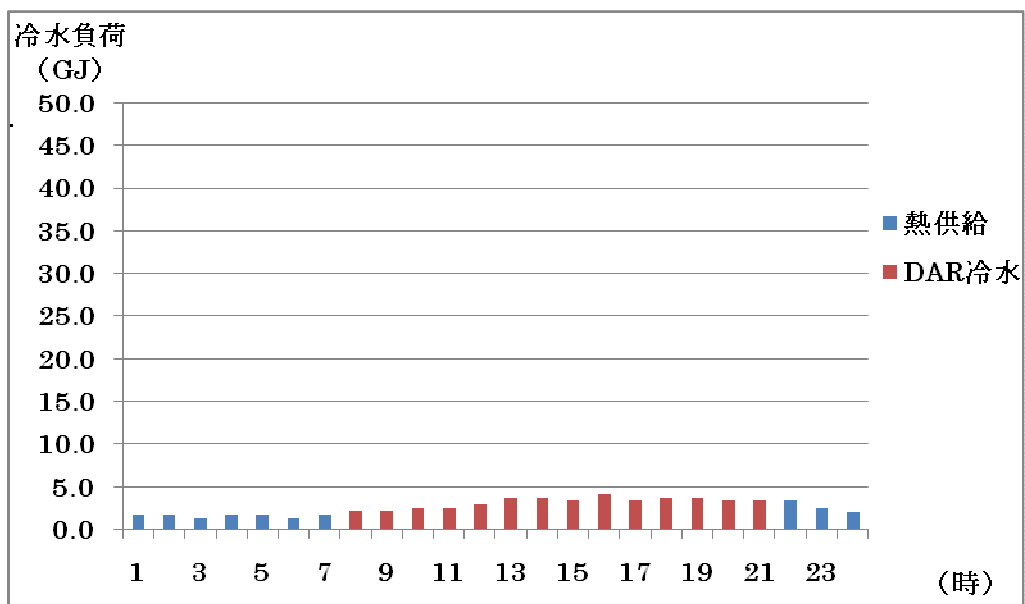


図 27. 12 月（冬季）の休日時刻別冷水負荷（HAR なし）

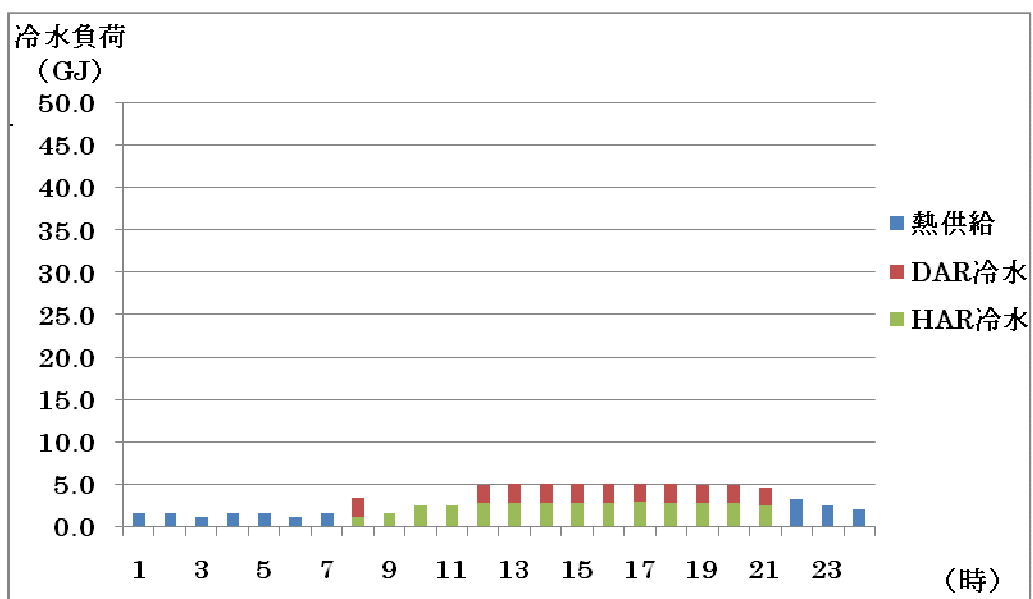


図 28. 12 月（冬季）の休日時刻別冷水負荷（HAR あり）

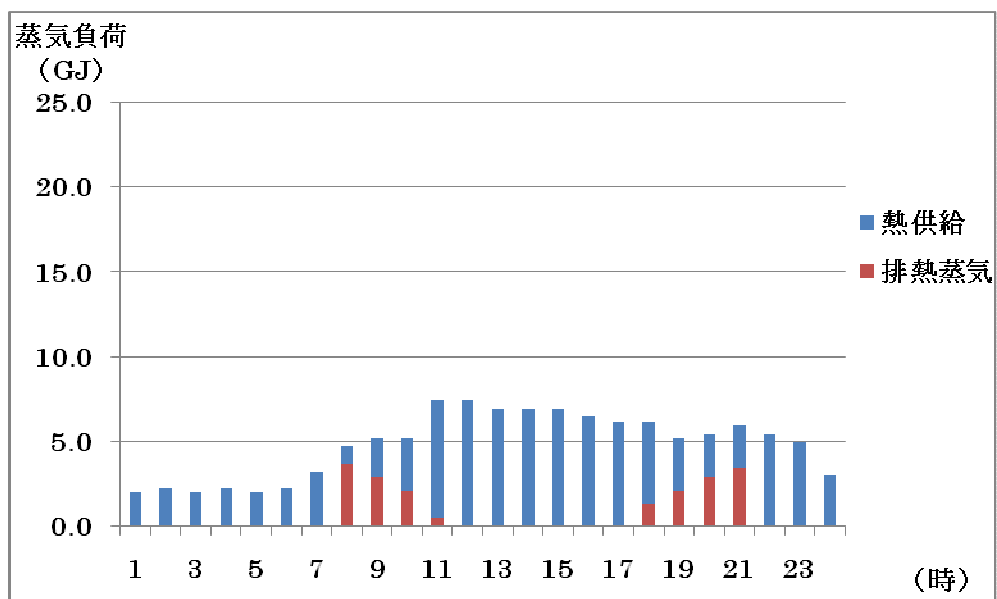


図 29. 4 月（春季）の平日時刻別蒸気負荷（HAR なし）

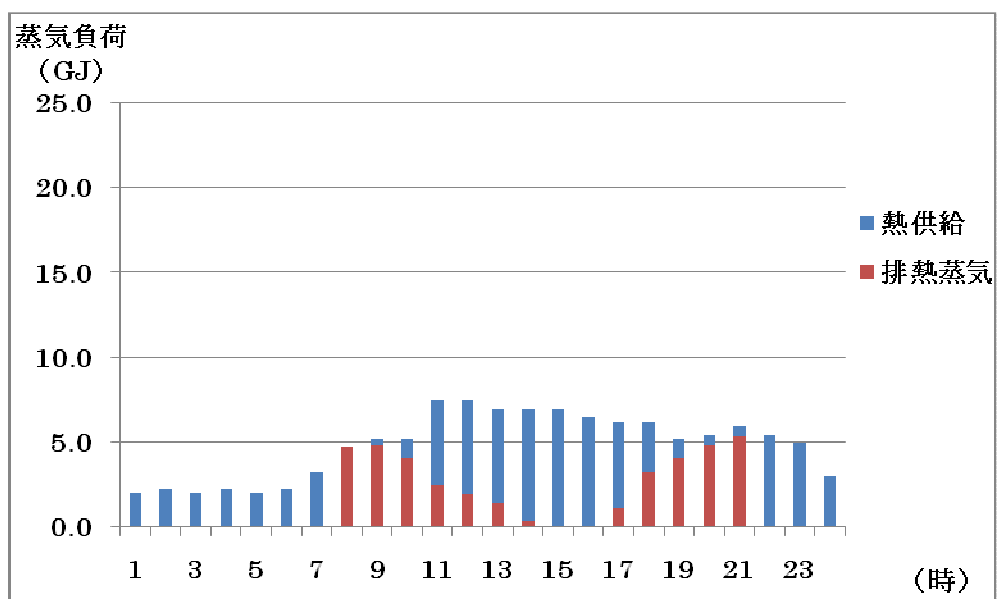


図 30. 4 月（春季）の平日時刻別蒸気負荷（HAR あり）

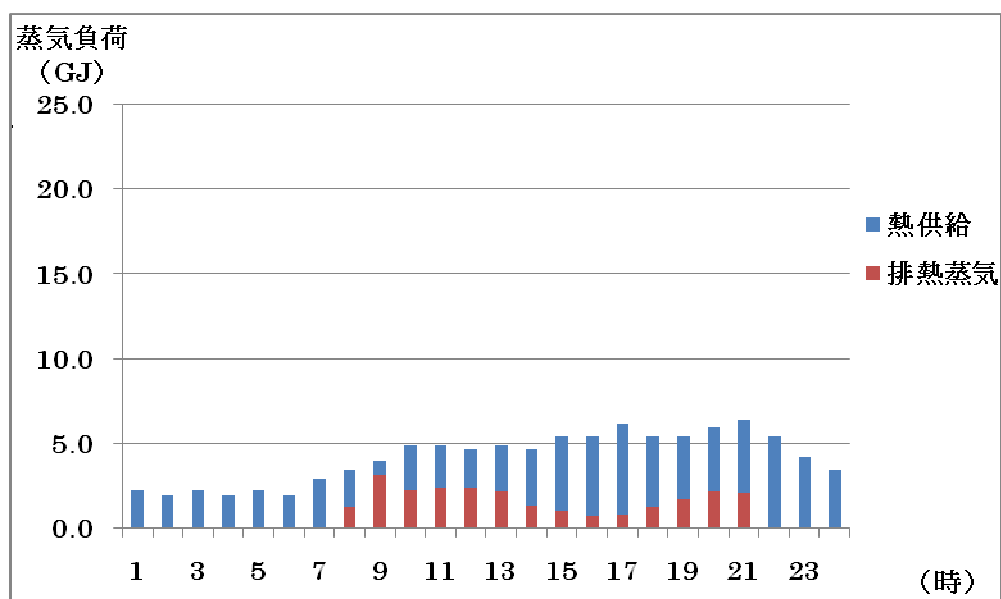


図 31. 4 月（春季）の休日時刻別蒸気負荷（HAR なし）

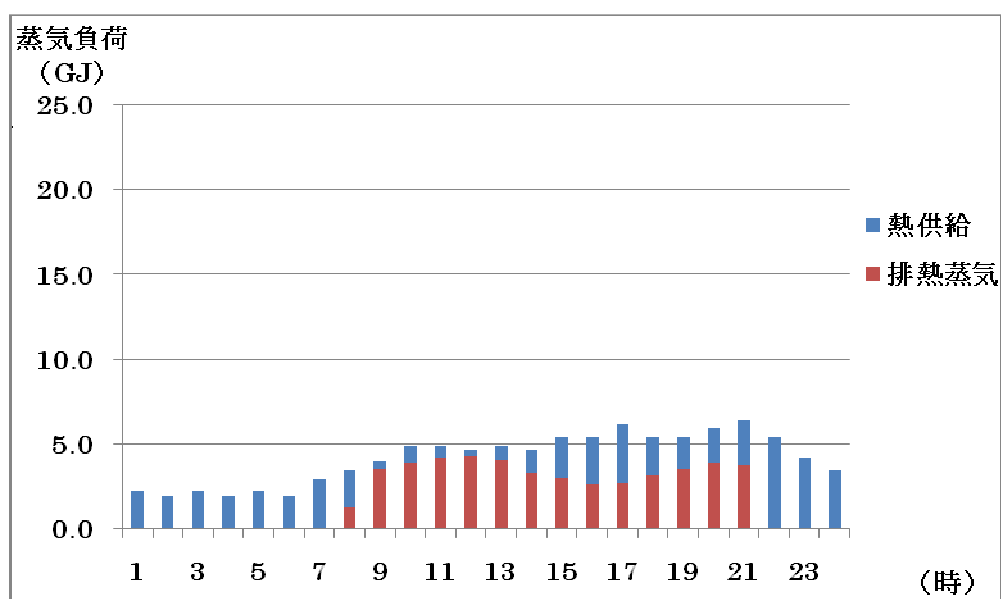


図 32. 4 月（春季）の休日時刻別蒸気負荷（HAR あり）

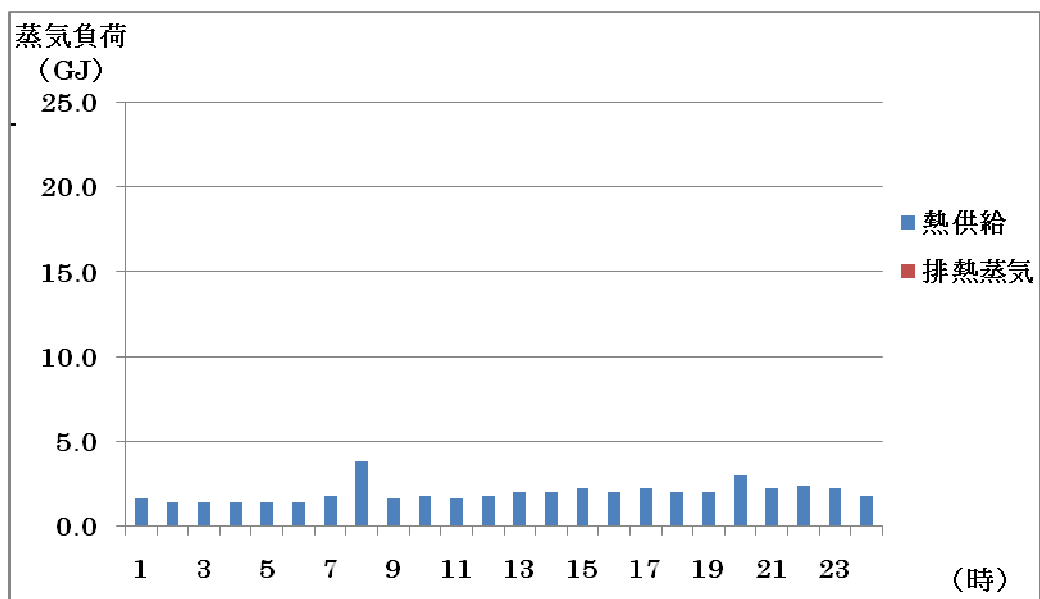


図 33. 8 月（夏季）の平日時刻別蒸気負荷（HAR なし）

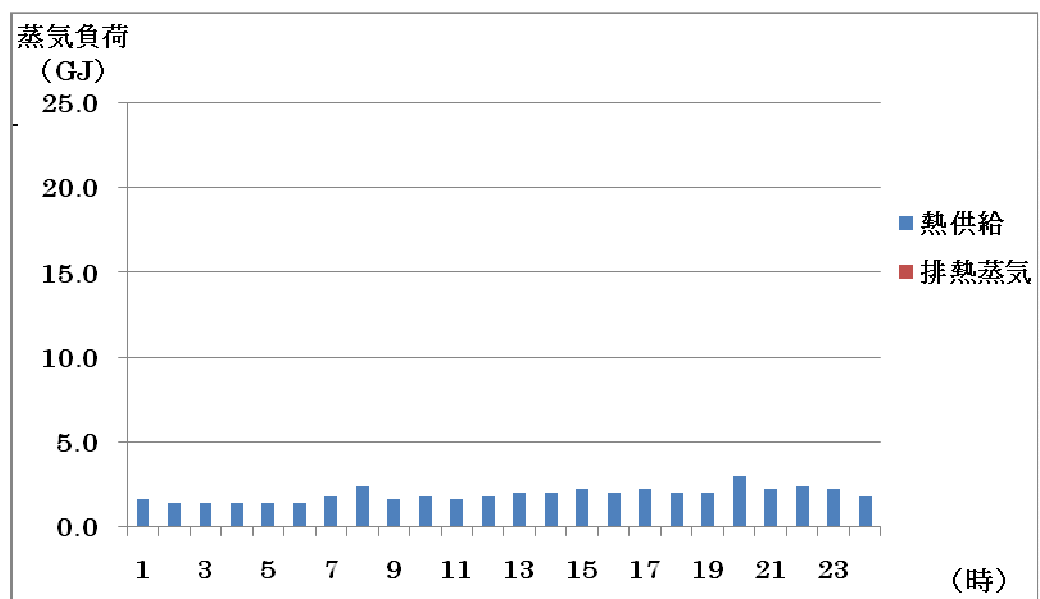


図 34. 8 月（夏季）の平日時刻別蒸気負荷（HAR あり）



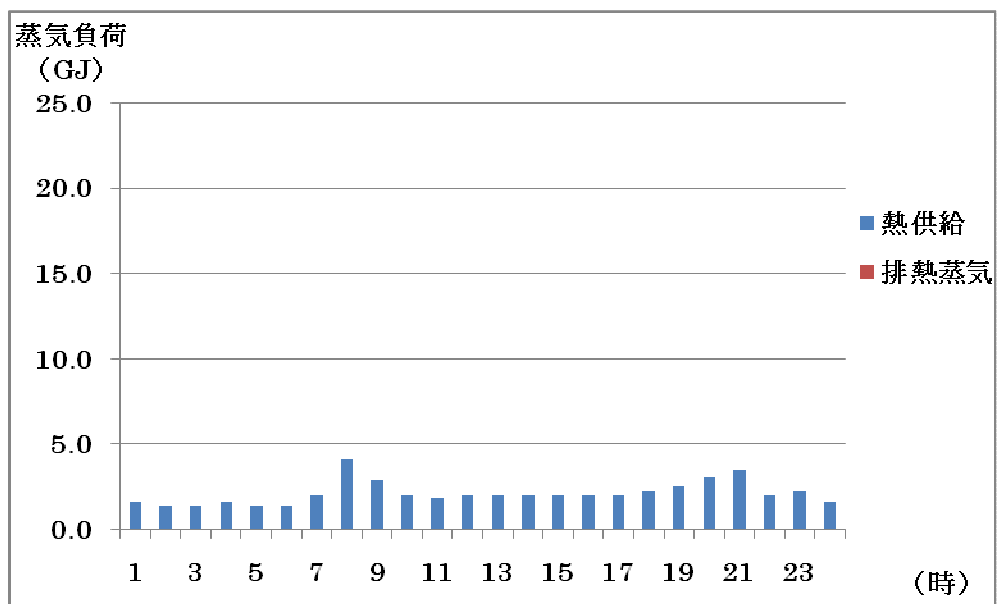


図 35. 8 月（夏季）の休日時刻別蒸気負荷（HAR なし）

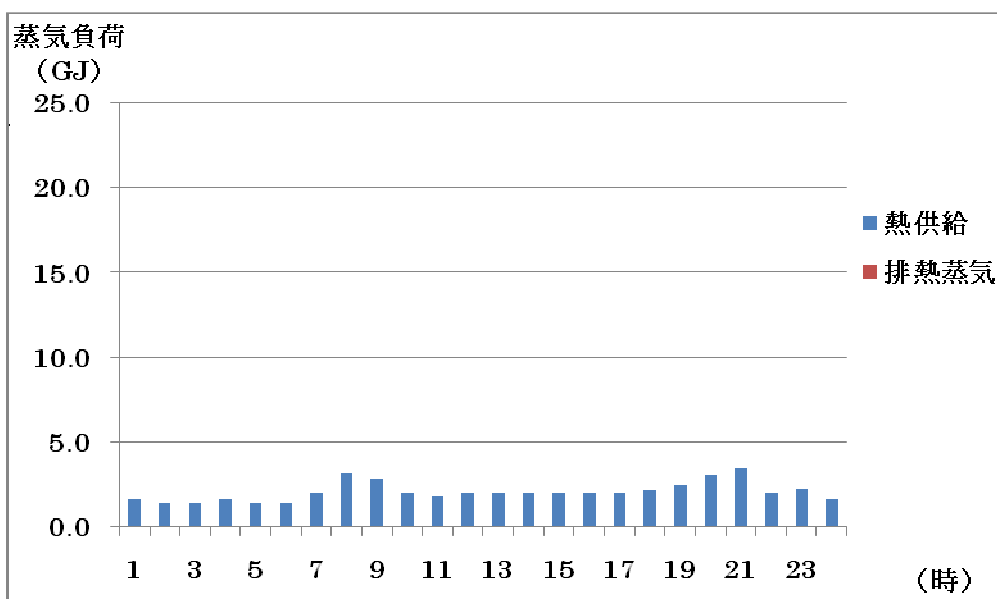


図 36. 8 月（夏季）の休日時刻別蒸気負荷（HAR あり）

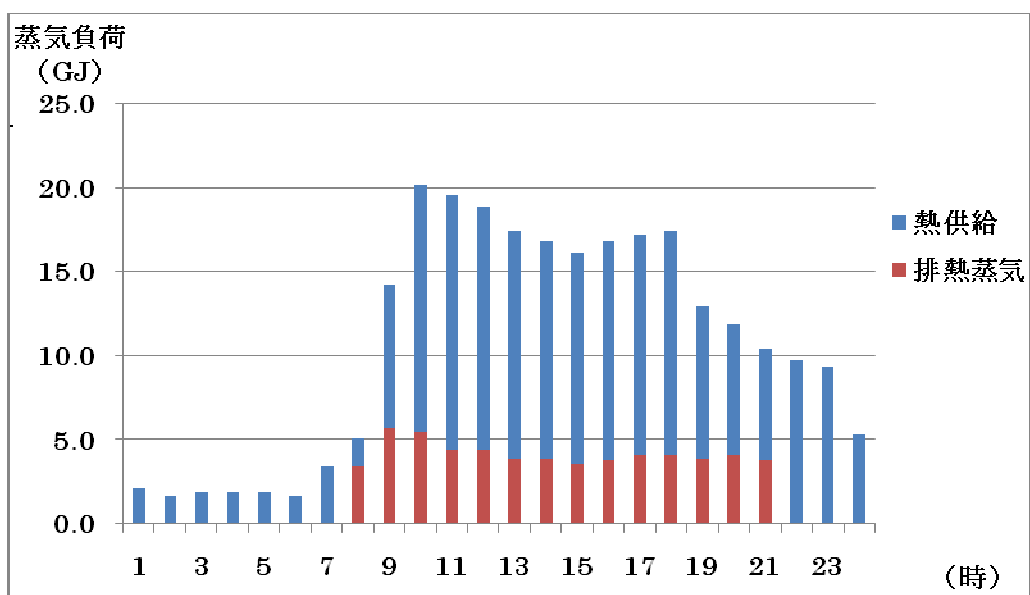


図 37. 12 月（冬季）の平日時刻別蒸気負荷（HAR なし）

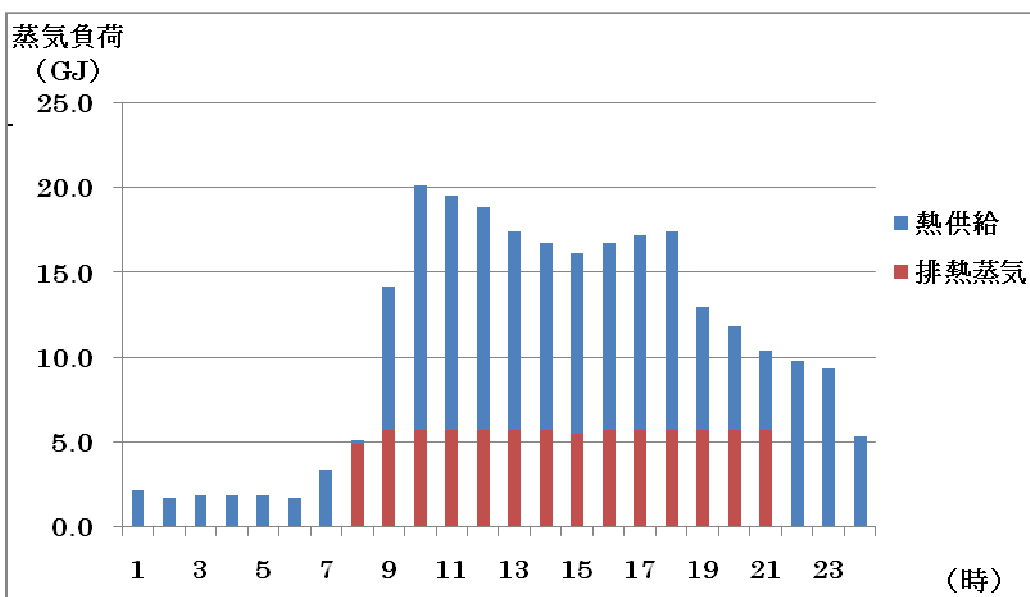


図 38. 12 月（冬季）の平日時刻別蒸気負荷（HAR あり）

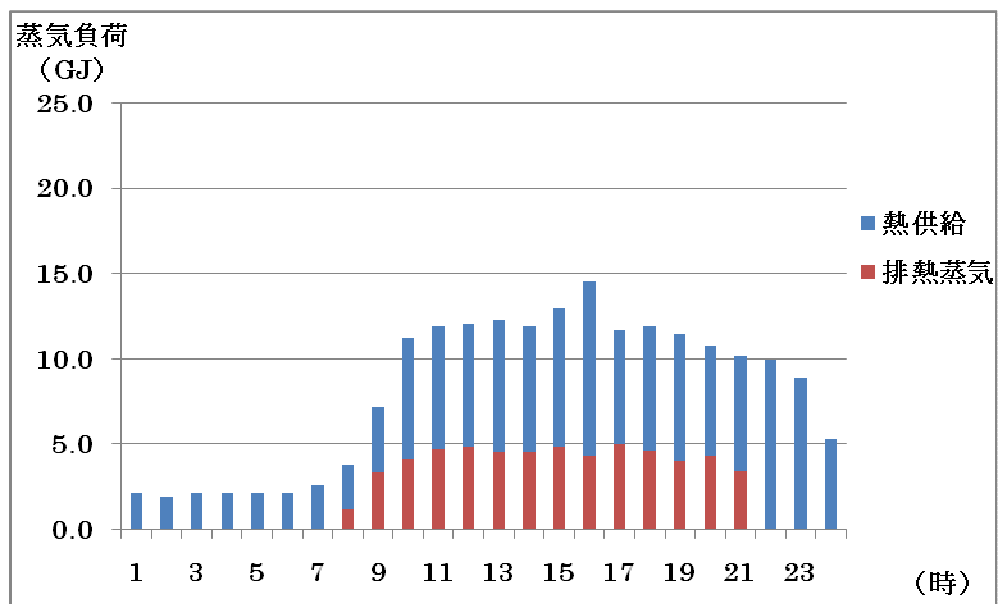


図 39. 12 月（冬季）の休日時刻別蒸気負荷（HAR なし）

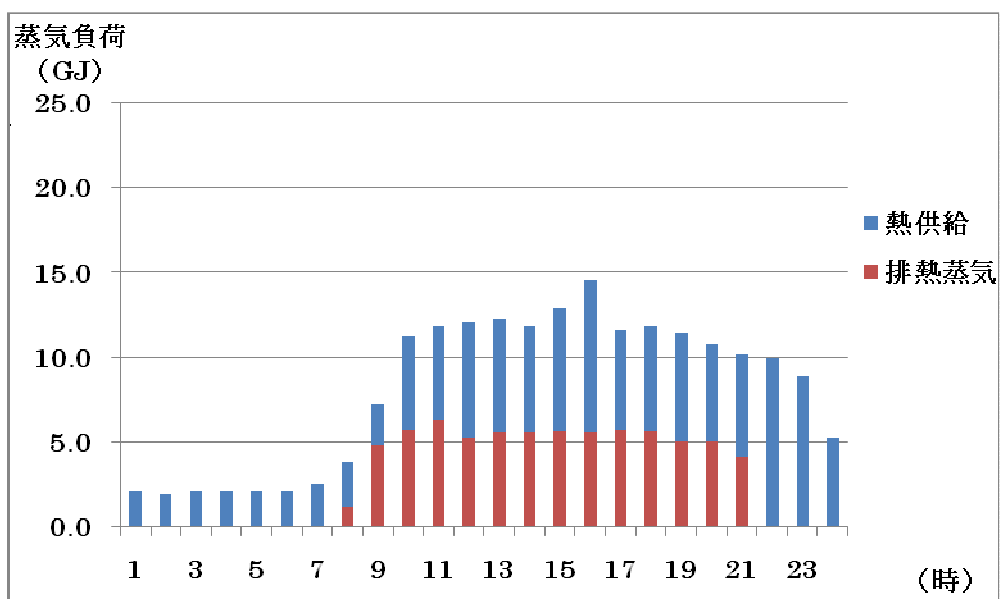


図 40. 12 月（冬季）の休日時刻別蒸気負荷（HAR あり）

#### 4.2 CGS 運転状況

表 9 に年間負荷、表 10 に平日と休日の計算結果の合計値を示す。

図 41 に排熱利用量を示す。どちらの場合でも、ほぼ蒸気は建物の中で使いきれているが、HAR のある場合、温水によって生み出される冷水があるため、DAR での蒸気の利用が減り、蒸気負荷への利用が増えている。温水に関してもほぼ建物内で使いきれており、有効に排熱を利用していることがわかる。

総合効率に関しては、排熱温水の利用により、HAR のある場合のほうが、ない場合と比べて 10%程度高い。

表 9. 対象建物年間負荷

		単位	平日	休日	合計
建物面積		m <sup>2</sup>	177000		
電力需要		MWh/年	23971	8721	32692
熱需要	冷水	GJ / 年	61313	24136	85449
	蒸気		31187	13225	44412
	合計		92500	37361	129861

表 10. CGS 運転状況

		単位	HAR なし	HAR あり
運転時間		延べ時間	10098	10098
CGS 発電量		MW・h/ 年	19168	19168
買電量			14483	14483
ガス使用量		×1000 m <sup>3</sup> / 年	3615	3615
電力寄与率		%	58.6	58.6
定格発電率		%	94.9	94.9
排熱回収量	蒸気	GJ / 年	34202	34202
	温水		17757	17757
	総合		51959	51959
排熱利用量	DAR	GJ / 年	24829	20743
	蒸気負荷		9373	13339
	蒸気合計		34202	34082
	HAR		0	17522
	合計		34202	51603
余剰エネルギー	蒸気	GJ / 年	0	120
	温水		17752	234
排熱利用率		%	65.8	99.3
総合効率		%	61.4	72.0

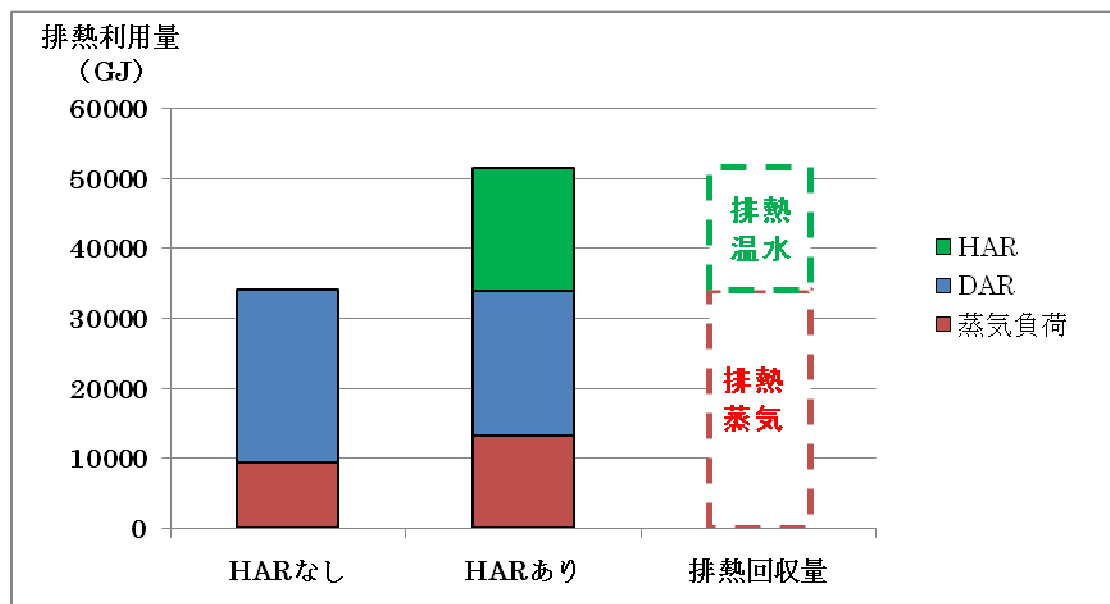


図 41. 排熱利用量

#### 4.3 熱供給状況

年間の熱供給の状況を表 11 に示す。CGS を導入していない場合は、電力負荷や熱負荷の全てを契約電力と地域熱供給から賄っている場合である。

CGS からの熱供給において、冷水に関しては各冷凍機の排熱利用量と COP の積として算出している。

蒸気の利用に関してはほぼ蒸気負荷への利用であるが、若干 DAR へ不足した蒸気を供給している。HAR のある場合でも DAR への蒸気供給はある。

図 42 と図 43 は各条件での月別の冷水の供給状況、図 14 と図 15 に蒸気の供給状況を示す。HAR のある場合、特に冷水需要の少ない冬季において DAR からの冷水供給が抑えられており、部分負荷運転、あるいは停止している状況が多い。夏季はいずれの場合も DAR からの冷水供給が等しくなっている点から、DAR と HAR とともにほぼ常時定格運転を行っている。また、夏季においては DAR 内で排熱蒸気を使い切り、排熱が冷凍機でほぼすべて使用されているので、排熱蒸気の蒸気負荷への供給が無い。

表 11. 熱供給状況

		単位	CGS 導入なし	HAR なし	HAR あり
CGS からの熱供給	冷水 (DAR)	GJ / 年	－	38059	29952
	冷水 (HAR)		－	－	14018
	蒸気		－	9371	14516
	総合		－	47430	58486
地域熱供給	冷水	GJ / 年	85449	47390	41479
	蒸気 (総合)		44412	35507	31383
	蒸気 (DAR へ)		－	466	309
	総合		129861	82897	72863
CGS 依存率 (熱)		%	－	36.1	45.2



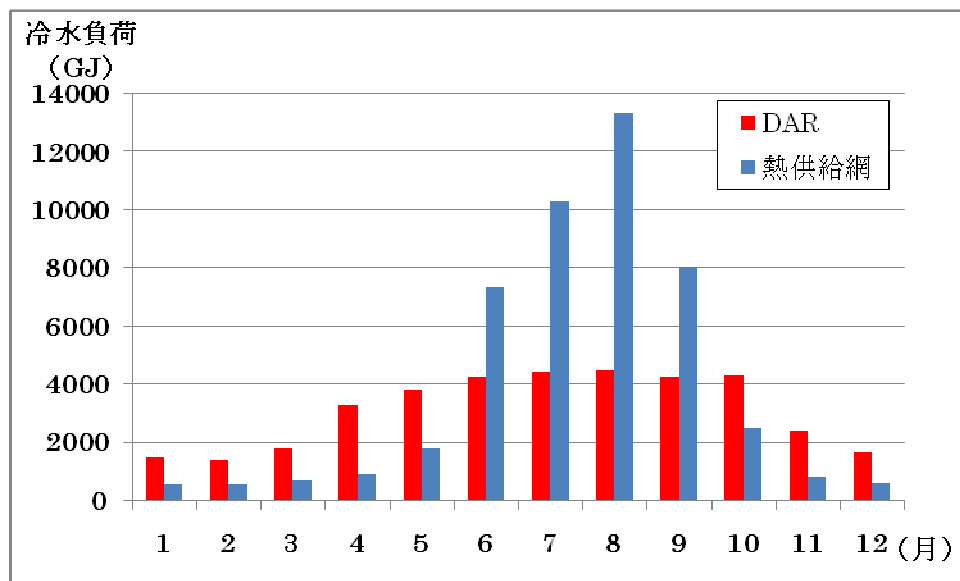


図 42. 月別の冷水の供給状況（HAR なし）

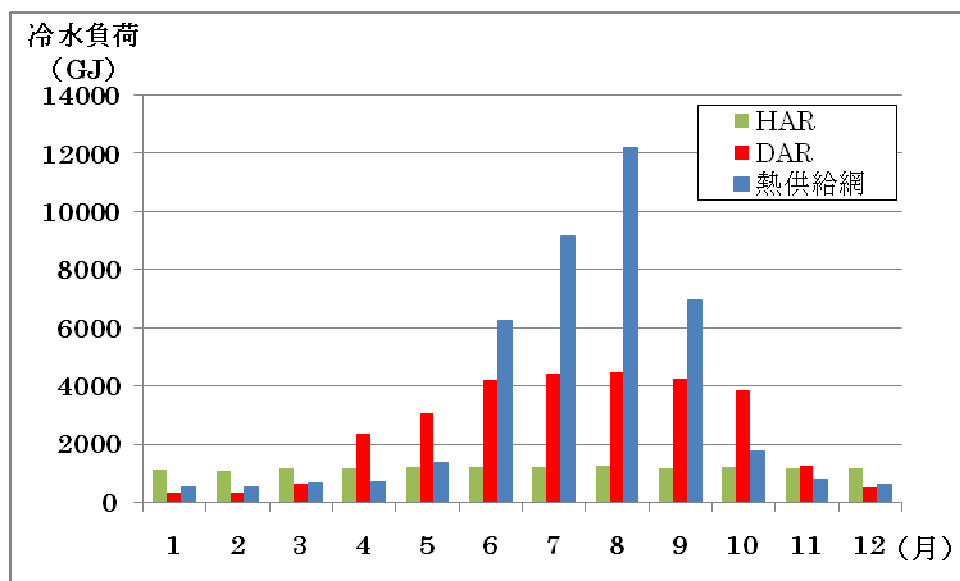


図 43. 月別の冷水の供給状況（HAR あり）

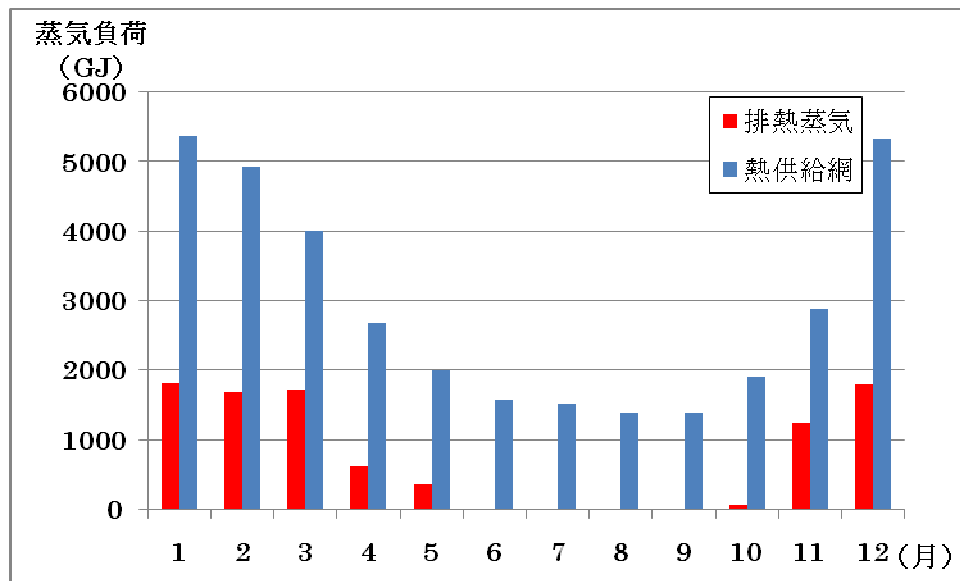


図 44. 月別の蒸気の供給状況（HAR なし）

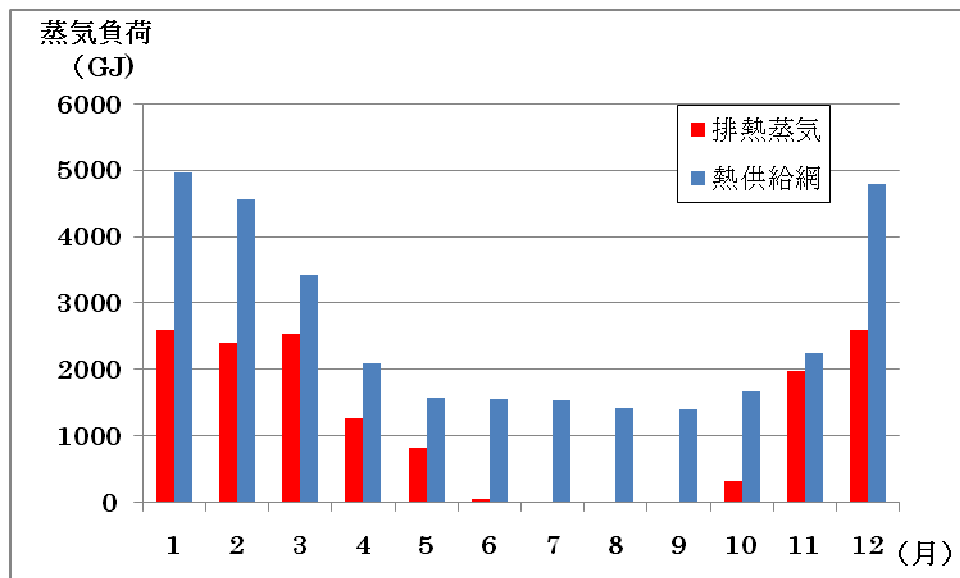


図 45. 月別の蒸気の供給状況（HAR あり）

#### 4.4 導入効果の評価

シミュレーションによって求めた一次エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量を表 12 に示す。

##### (1) 省エネルギー性

図 46 に各条件における一次エネルギー消費量の計算結果を示す。電力負荷に対する都市ガスと買電の合計一次エネルギー消費量に関しては、高効率の CGS の導入によって、若干省エネルギー効果がある。また、熱供給網から得ていた蒸気や冷水の熱需要に関わる一次エネルギー消費量は、CGS 導入時のほうが明らかに少ない。これは排熱の有効利用によって、冷水と蒸気の熱供給網への依存が少なくなったためである。HAR がある場合は、排熱温水の利用によりさらに省エネルギーになっている。CGS 導入により、一次エネルギー消費量は全体で 20% 近く減少しており、省エネルギー効果が期待できる。

##### (2) 環境性

CO<sub>2</sub> の排出量に関しては、図 46 にあるように、CGS を導入した場合と CGS を導入していない場合を比べて、CO<sub>2</sub> 排出量は 20% 程度の削減効果が得られる。また、HAR による排熱温水の利用によって、さらに約 3% 程度の削減率が見込めることがわかった。

##### (3) 経済性

CGS の設備投資費用を表 13、年間費用を表 14 と図 47 に示す。CGS の導入による設備投資費用は、約 10 億円前後になる。CGS 導入によって、電気や熱供給に関しては契約容量が小さくなり、使用量も少なくなるので、買電は 50% 程度、買熱は 40% 程度のコスト減が見込める結果であった。この場合、都市ガスの費用や維持管理費がかかるが、試算では買電や買熱にかかるコストの削減分のほうが大きく、全体としては CGS の導入により、年間 2 億円前後のコスト削減が見込める。したがって、約 5 年で CGS の設備費用を回収できる。

単純回収年数は、HAR のある場合とない場合とを比較すると、HAR のない場合が 5.2 年になるのに対して、HAR のある場合は、4.7 年と約半年短い。このように、排熱の積極的な利用によって、コストの削減効果は高まる。

また、電力や、熱供給の従量料金は、その時々により値段が異なる。例えば、電力の従量料金が 10% 上がった場合、単純回収年数は HAR のない場合で 4.8 年、HAR のある場合で 4.4 年と料金が上がる前と比較して約 4 カ月短く、冷水の従量料金が 10% 上がった場合は HAR のない場合で 5.0 年、HAR ある場合で 4.5 年と約 2 カ月短い。蒸気の従量料金が 10% 上がった場合は、電力や冷水より元々のエネルギー使用量と削減量が少ないため、料金が上がる前と比較してほとんど変化がないことがわかった。このように電力や熱供給の料金が増加することで、単純回収年数は短くなるが、その影響は電力、冷水、蒸気で異なる。

表 12. 一次エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量

		単位	CGS 導入なし	HAR なし	HAR あり
1 次エネルギー換算値	買電	GJ / 年	321254	139706	139706
	都市ガス		-	162706	162706
	地域熱供給		176617	112739	99094
	合計		497871	415151	401505
1 次エネルギー削減率		%	-	16. 6	19. 4
CO <sub>2</sub> 排出量		t -CO <sub>2</sub> / 年	28210	22708	21929
CO <sub>2</sub> 削減率		%	-	19. 5	22. 3

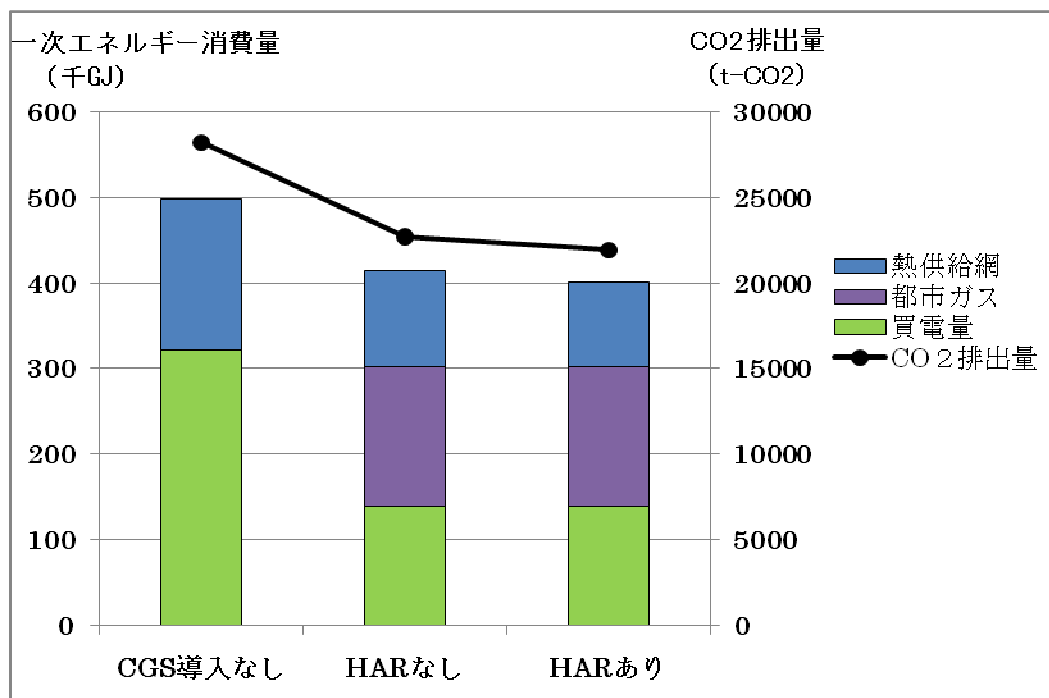


図 46. 一次エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量

表 13. CGS 設備投資費

設備投資 [単位：千円]		H A R なし	H A R あり
CGS		600, 000	600, 000
熱源設備	DAR	255, 000	255, 000
	HAR	0	69, 000
計装設備・付帯設備		100, 000	100, 000
合計		955, 000	1, 024, 000

表 14. 年間費用と単純回収年数

光熱費 [単位：千円]		CGS 導入なし	H A R なし	H A R あり
電力	基本料金	152,712	80,712	80,712
	自家発補給	－	11,880	11,880
	従量料金	294,228	130,347	130,347
	合計	446,940	222,939	222,939
都市ガス		－	144,600	144,600
冷水	基本料金	179,471	137,155	125,979
	従量料金	221,313	122,740	107,431
	合計	400,784	259,895	233,409
蒸気	基本料金	20,600	15,481	13,512
	従量料金	79,053	63,202	55,862
	合計	99,653	78,683	69,374
合計		947,377	706,118	670,322
維持管理費 [単位：千円]				
CGS 設備		－	38,336	38,336
冷凍機		－	3,550	4,240
保守管理員		－	6,000	6,000
税金・保険	租税課金	－	6,685	7,168
	保険料	－	4,775	5,120
合計		－	59,346	60,864
年間費用、単純回収年数				
年間費用 [千円]		947,377	765,464	731,186
年間削減量 [千円]		－	181,914	216,191
年間削減率 [%]		－	19.2	22.8
単純回収年数 [年]		－	5.2	4.7

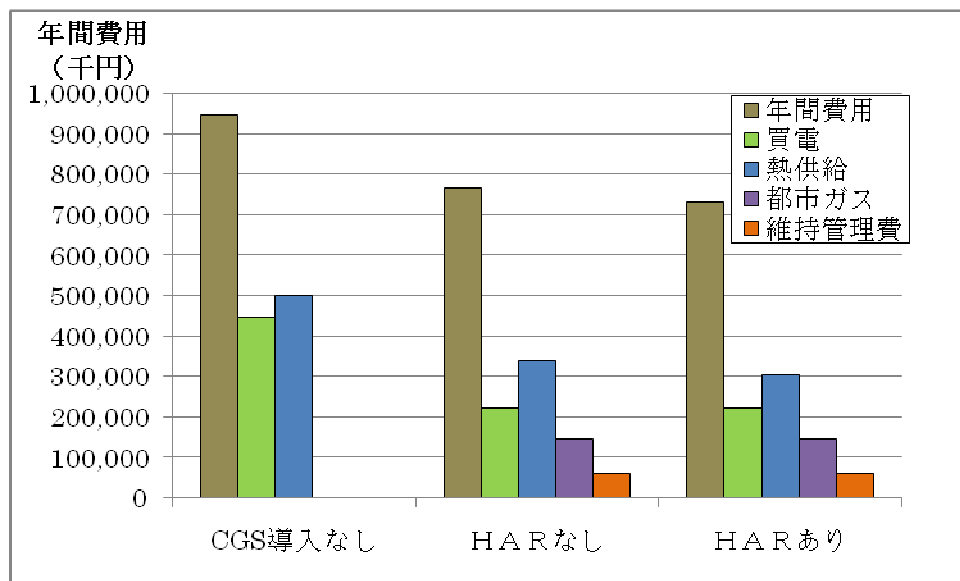


図 47. 各ケースにおける年間費用



## 第5章 結言

地域熱供給のある超高層建物へのコージェネレーションシステム（CGS）の導入効果をシミュレーションにより試算し、省エネルギー性・環境性・経済性について検討、評価し、次の結論を得た。

- ・対象建物への CGS の導入によって、一次エネルギー消費量、二酸化炭素排出量は約 20% の削減、単純回収年数も約 5 年と省エネルギー性・環境性・経済性、いずれの視点から見ても、十分に導入効果がある。

- ・排熱温水を単効用温水吸収式冷凍機で利用することで、一次エネルギー消費量、二酸化炭素排出量の削減効果は向上し、単純回収年数も約半年早まるなど、CGS での排熱の利用を積極的に行うことで、導入効果はさらに向上することが期待できる。

しかし、本研究では、対象とした建物からの売熱・売電がない条件での CGS 導入効果についての検討、評価であり、超高層建物の種類は今回検討した建物だけでなく、他の負荷パターンをもつ様々な種類がある。したがって今後、異なるシステム構成の導入や、異なる電力負荷や熱負荷をもつ建物への CGS の導入、さらに複数の建物間でエネルギーを融通させた場合などの CGS 導入効果に関して検討、評価していく必要がある。

#### 参考文献

(1) 「ガスコージェネレーション 計画から運転保守まで 」

監修：井上宇市・水野宏道編集：高田秋一、社団法人日本ガス協会（2000 年）

(2) 東京ガス（株）資料、（2008 年）

#### 謝辞

ご指導していただいた藤田稔彦教授、小嶋満夫准教授に深く感謝し、厚く御礼申し上げます。

## 付録 1. シミュレーションプログラム

### C CGS Simulation Program

```
DIMENSION DAYS(12), ELMP(12), HLMP(12), CLMP(12),  
            EL(12, 24), HL(12, 24), CL(12, 24)  
DIMENSION EG(12, 24), FEG(12, 24), EC(12, 24), RWS(12, 24), RWW(12, 24),  
            UWD(12, 24), UWH(12, 24), UCL(12, 24), UST(12, 24),  
            UST1(12, 24), UWS(12, 24), NUS(12, 24)  
DIMENSION EGM(12), FEGM(12), ECM(12), ECMV(12), RWSM(12), RWW(12),  
            HRM(12), UCLM(12), UWDM(12), UWHM(12), USTM(12), UWSM(12),  
            NUSM(12), NUWM(12), USRM(12)  
OPEN(9, FILE='CON')  
WRITE(9, *) 'Input 1:BuildA1, 2:BuildA2'  
READ(*, *) ISCAL  
WRITE(9, *) 'Input Running time: Start & End'  
WRITE(9, *) 'Ex. BuidA1:8,21 BuildA2:8,21 '  
READ(*, *) LGI, LGE  
OPEN(5, FILE='CGS2.DAT')  
GOTO (101, 102) ISCAL  
101 OPEN(2, FILE='BUILDA1.DAT')  
    MCI=5  
    MCE=11  
    GOTO 100  
102 OPEN(2, FILE='BUILDA2.DAT')  
    MCI=5  
    MCE=11  
    GOTO 100  
100 OPEN(6, FILE='CGS2A.TXT')  
*****CGS & Refrigerator  
900 READ(5, *) AREA, KEG, EGN, EGMX, DARMX, DARN, HARMX, HARN  
C    [m2], [ ], [ ], [kW], [kW], [ ], [kW], [ ]  
C    KEG=1: 12V22AG, 2: 12MACH-30G,  
C2   EGN=Number of Gas Engine Generator (1. or 2.)  
C    EGMX= 2000kW, 4000kW,  
C    DARMX= [kW] , HARMX= [kW]  
C    DARN=Number of DAR, (1.)  
C    HARN=Number of HAR, (0. or 1.)
```

```

        IF (AREA. EQ. 0. ) THEN
            CLOSE (5)
            GOTO 999
        ENDIF
*****Loads
        READ (2, *) ELMX, HLMX, CLMX
C      Peak load per unit floor area [W/m2]*3
        READ (2, *) ELAD, HLAD, CLAD
C      Annual demand per unit floor area [kWh/m2y], [MJ/m2y]*2
        ELMDS=ELAD*AREA
        HLMDS=HLAD/3.6*AREA
        CLMDS=CLAD/3.6*AREA
C      [kWh/y], [kWh/y]*2
        DO 110 M=1, 12
110    READ (2, *) MONTH, DAYS (M) , ELMP (M) , HLMP (M) , CLMP (M)
        DO 120 M=1, 12
            READ (2, *) MONTH
            DO 120 L=1, 24
                READ (2, *) TIME, EL (M, L) , HL (M, L) , CL (M, L)
                EL (M, L)=ELMDS*ELMP (M) /100. /DAYS (M) *EL (M, L) /100.
                HL (M, L)=HLMDS*HLMP (M) /100. /DAYS (M) *HL (M, L) /100.
120    CL (M, L)=CLMDS*CLMP (M) /100. /DAYS (M) *CL (M, L) /100.
C      [kW], [kW]*2
            ENDFILE 2
            REWIND 2
*****Generation
        ECMIN=0.05*ELMX/1000.*AREA
C      5% from Electricity Network at least, [kW]
        EGSA=0.
        FEGSA=0.
        ECSA=0.
        RWSSA=0.
        RWWSA=0.
        ECSAV=0.
        HRSA=0.
        DO 200 M=1, 12
            EGM (M)=0.

```

```

FEGM(M)=0.
ECM(M)=0.
RWSM(M)=0.
RWWM(M)=0.
    ECMV(M)=0.
HRM(M)=0.
DO 210 L=1, 24
ELA=EL(M, L)-ECMIN
IF ((L-LGI)*(L-LGE).LE. 0) THEN
CALL ENGINE(KEG, EGMX, EGN, ELA, EG(M, L), FEG(M, L), RWS(M, L),
            RWW(M, L), EGO, X)
ELSE
    EG(M, L)=0.
    FEG(M, L)=0.
    RWS(M, L)=0.
    RWW(M, L)=0.
    EGO=0.
ENDIF
EC(M, L)=EL(M, L)-0.95*EG(M, L)
C 5% for Auxiliary Equipment
EGM(M)=EGM(M)+EG(M, L)
FEGM(M)=FEGM(M)+FEG(M, L)
RWSM(M)=RWSM(M)+RWS(M, L)
RWWM(M)=RWWM(M)+RWW(M, L)
ECM(M)=ECM(M)+EC(M, L)
IF ((L-8)*(L-21).LE. 0) ECMV(M)=ECMV(M)+EC(M, L)
HRM(M)=HRM(M)+EGO
210 CONTINUE
EGSA=EGSA+DAYS(M)*EGM(M)
FEGSA=FEGSA+DAYS(M)*FEGM(M)
RWSSA=RWSSA+DAYS(M)*RWSM(M)
RWWSA=RWWSA+DAYS(M)*RWWM(M)
ECSA=ECSA+DAYS(M)*ECM(M)
    ECSAV=ECSAV+DAYS(M)*ECMV(M)
HRSA=HRSA+DAYS(M)*HRM(M)
200 CONTINUE

```

\*\*\*\*\*Cooling

UCLSA=0.

UWDSA=0.

UWHSA=0.

NUWSA=0.

USRSA=0.

DO 300 M=1, 12

UCLM(M)=0.

UWDM(M)=0.

UWHM(M)=0.

NUWM(M)=0.

USRM(M)=0.

DO 310 L=1, 24

IF ((L-LGI)\*(L-LGE).LE. 0) THEN

CALL COOLING (DARMX, DARN, HARMX, HARN, CL (M, L) , RWS (M, L) ,  
RWW (M, L) , UWD (M, L) , UWH (M, L) , UCL (M, L) , UST1 (M, L) )

ELSE

UWD (M, L) =0.

UWH (M, L) =0.

UST1 (M, L) =0.

UCL (M, L) =CL (M, L)

ENDIF

UCLM(M)=UCLM(M)+UCL(M, L)

UWDM(M)=UWDM(M)+UWD(M, L)

UWHM(M)=UWHM(M)+UWH(M, L)

NUWM(M)=NUWM(M)+(RWW(M, L)-UWH(M, L))

IF (UST1 (M, L) . LT. 0) USRM(M)=USRM(M)-UST1 (M, L)

310 CONTINUE

UCLSA=UCLSA+DAYS (M) \*UCLM (M)

UWDSA=UWDSA+DAYS (M) \*UWDM (M)

UWHSA=UWHSA+DAYS (M) \*UWHM (M)

NUWSA=NUWSA+DAYS (M) \*NUWM (M)

USRSA=USRSA+DAYS (M) \*USRM (M)

300 CONTINUE

\*\*\*\*\*STEAM

USTSA=0.

UWSSA=0.

NUSSA=0.

DO 400 M=1, 12

USTM(M)=0.

UWSM(M)=0.

NUSM(M)=0.

DO 410 L=1, 24

RWS2=UST1 (M, L)

CALL STEAM(HL (M, L) , RWS2, UST (M, L) , UWS (M, L) , NUS (M, L) )

USTM(M)=USTM(M)+UST (M, L)

UWSM(M)=UWSM(M)+UWS (M, L)

NUSM(M)=NUSM(M)+NUS (M, L)

410 CONTINUE

USTSA=USTSA+DAYS (M) \*USTM (M)

UWSSA=UWSSA+DAYS (M) \*UWSM (M)

NUSSA=NUSSA+DAYS (M) \*NUSM (M)

400 CONTINUE

\*\*\*\*\*Output data

WRITE (6, 39) ISCAL, AREA, KEG, EGN, EGMX, DARMX, DARN, HARMX, HARN

WRITE (9, 39) ISCAL, AREA, KEG, EGN, EGMX, DARMX, DARN, HARMX, HARN

39 FORMAT (1H , I4, F8. 0, I4, F4. 0, F6. 0, F6. 0, F4. 0, F6. 0, F6. 0, F4. 0)

TLMDS=CLMDS+HLMDS

WRITE (6, 30) AREA, ELMDS\*0. 001, CLMDS\*0. 0036, HLMDS\*0. 0036,

TLMDS\*0. 0036

C [m2], [MWh/y], [GJ/y]\*3

30 FORMAT (1H , F8. 0)

WRITE (6, 30) DARMX, HARMX

ELMXKW=ELMX/1000. \*AREA

WRITE (6, 30) EGMX\*EGN, ELMXKW-EGMX\*EGN\*0. 95, EGMX\*EGN/ELMXKW\*100.

C [kW], [kW], [%]

WRITE (6, 30) HRSA, EGSA\*0. 001, (ELMDS-EGSA\*0. 95)\*0. 001

C [h/y], [MWh/y]\*2

UARS=(UCLSA+USTSA)\*0. 0036

WRITE (6, 30) FEGSA/1000. , UCLSA\*0. 0036, USTSA\*0. 0036, USRSA\*0. 0036,

UARS

```

C      [*1000m2/y], [GJ/y]*3
      ECSA1=(ECSA-ECSAV)*0.00928+ECSAV*0.00997
      FEGSA1=FEGSA*0.045
      UARSA1=UARSA*1.36
      WRITE(6,30) ECSA1,FEGSA1,UARSA1,ECSA1+FEGSA1+UARSA1,
               ECSA*0.555/1000.+FEGSA*2.28/1000+UARSA1*0.057
C      [GJ/y]*4, [t-CO2/y]
      RWSA=RWSSA+RWWSA
      SUWSA=UWDSA+UWSSA
      UWSA=SUWSA+UWWSA
      WRITE(6,30) RWSSA*0.0036,RWWSA*0.0036,RWSA*0.0036,UWDSA*0.0036,
               UWSSA*0.0036,SUWSA*0.0036,UWWSA*0.0036,UWSA*0.0036,
               NUSSA*0.0036,NUWSA*0.0036
C      [GJ/y]*10
      COPD=1.51
      COPH=0.8
      WRITE(6,34) EGSA/EGMX/HRSA*100.,UWSA/RWSA*100.,EGSA/ELMDS*100.,
               (EGSA*0.95+UWSA)*0.0036/FEGSA1*100.,
               (UWDSA*COPD+UWWSA*COPH+UWSSA)/TLMDS*100.
34  FORMAT(1H ,F8.1)
      GOTO 900
999  STOP
      END

```



\*\*\*\*\*Characteristics

SUBROUTINE ENGINE (KEG, EGMX, EGN, ELA, EG, FEG, RWS, RWW, EGO, X)

X=ELA/EGMX/EGN

EG=ELA

IF (EGN. EQ. 2. ) THEN

EGO=2.

IF (X. GE. 1. ) THEN

EG=EGMX\*2.

X=1.

ELSEIF ( (X. LE. 0. 5) . AND. (X. GE. 0. 25) ) THEN

EGO=1.

X=X\*2.

ELSEIF (X. LT. 0. 25) THEN

EGO=0.

X=0.

EG=0.

ENDIF

ELSE

EGO=1.

IF (X. GE. 1. ) THEN

EG=EGMX

X=1.

ELSEIF (X. LT. 0. 5) THEN

EGO=0.

X=0.

EG=0.

ENDIF

ENDIF

IF (KEG. EQ. 1) THEN

FEG=(83. 7\*X\*X+163. 6\*X+126. 5)\*EGO

RWS=(690. 3\*X\*X-223. 3\*X+523. 6)\*EGO

RWW=(-187. 2\*X\*X+642. 5\*X+49. 3)\*EGO

ELSE

FEG=(40. 7\*X\*X+540. 6\*X+129. 8)\*EGO

RWS=(641. 1\*X\*X+131. 0\*X+943. 4)\*EGO

RWW=(415. 3\*X\*X+565. 5\*X+423. 7)\*EGO

ENDIF

RETURN  
END

SUBROUTINE COOLING (DARMX, DARN, HARMX, HARN, CL, RWS,  
RWW, UWD, UWH, UCL, UST1)

COPD=1.51  
COPH=0.8  
UWD=0.  
UWH=0.  
UCL=0  
IF (CL.LE. 0.) GOTO 92  
IF (HARN.EQ. 0) GOTO 21  
X=CL/HARMX  
UWH=HARMX\*X/COPH  
IF (X.LE. 0.2) UWH=HARMX\*0.2/COPH  
IF (X.GT. 1) UWH=HARMX/COPH  
IF (UWH.GT. RWW) UWH=RWW  
CL2=CL-UWH\*COPH  
IF (CL2.GT. 0) THEN  
X2=CL2/DARMX  
UWD=DARMX\*X2/COPD  
IF (X2.LE. 0.2) THEN  
UWD=DARMX\*0.2/COPD  
GOTO 92  
ENDIF  
IF (X2.GT. 1) THEN  
UWD=DARMX/COPD  
UCL=CL2-DARMX  
ENDIF  
ENDIF  
GOTO 92  
21 X1=CL/DARMX/DARN  
UWD=DARMX\*X1/COPD  
IF (X1.LE. 0.2) THEN  
UWD=DARMX\*0.2/COPD  
GOTO 92  
ENDIF

```

      IF (X1. GT. 1) THEN
      UWD=DARMX/COPD
      UCL=CL-DARMX
      ENDIF
92  UST1=RWS-UWD
      IF (UST1. LE. 0) UWD=RWS
      RETURN
      END

      SUBROUTINE STEAM(HL, RWS2, UST, UWS, NUS)
      UWS=HL
      UST=0.
      NUS=RWS2-UWS
      IF (HL. GT. RWS2) THEN
      UWS=RWS2
      UST=HL-RWS2
      NUS=0.
      IF (RWS2. LE. 0) UWS=0.
      ENDIF
      RETURN
      END

```

付録 2. 対象建物の月別代表日の時刻別需要原単位

1 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	8.35	3.38	2.53	7.66	4.05	2.55
2	7.98	3.38	1.89	6.99	3.72	2.55
3	7.49	3.03	1.89	6.80	3.36	1.91
4	7.22	3.38	1.89	6.65	3.72	1.91
5	7.55	3.38	1.89	6.58	3.72	1.91
6	9.22	3.38	1.89	7.06	3.72	1.91
7	10.67	7.07	1.89	8.10	4.70	2.55
8	14.82	11.11	2.53	9.92	8.10	1.91
9	27.86	22.26	3.16	15.91	13.49	2.55
10	29.80	29.02	4.43	18.96	18.55	2.55
11	33.52	27.31	6.35	21.26	21.23	3.82
12	32.88	26.65	6.35	21.82	21.53	3.18
13	33.85	23.93	5.71	21.74	21.92	4.46
14	35.03	21.25	6.97	23.01	21.23	4.46
15	33.47	22.92	6.97	22.97	21.53	4.46
16	34.65	23.62	7.61	23.15	21.23	4.45
17	35.09	25.64	6.97	22.89	21.23	4.45
18	33.25	27.66	6.97	23.19	20.58	4.45
19	30.45	22.92	6.96	20.74	19.21	5.09
20	29.97	18.88	6.33	20.26	17.87	4.45
21	25.92	18.53	6.33	19.14	16.53	4.45
22	21.72	15.85	5.69	15.57	14.50	3.82
23	17.41	14.49	4.43	12.71	12.15	3.82
24	10.78	0.94	4.43	8.59	8.75	3.18

2 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	9.24	3.49	3.34	7.74	4.18	2.00
2	7.97	3.49	2.00	7.42	3.85	2.67
3	7.63	3.13	2.68	7.02	3.49	2.67
4	7.85	3.13	2.00	7.14	3.49	2.00
5	8.08	3.49	2.68	7.02	3.85	2.00
6	9.18	3.13	2.00	7.66	3.85	2.00
7	10.90	6.62	2.00	8.90	5.59	2.00
8	15.60	9.40	2.68	10.53	7.33	2.00
9	28.99	22.63	3.34	16.91	13.25	2.67
10	32.53	31.37	4.67	21.58	19.90	2.67
11	32.47	28.59	6.01	22.18	23.75	4.00
12	35.13	25.77	6.01	22.62	22.00	4.00
13	34.41	24.40	7.35	24.01	21.64	4.66
14	33.80	23.69	7.35	22.78	20.59	4.66
15	33.24	22.99	8.02	24.13	20.26	5.33
16	35.46	24.40	8.02	23.53	20.26	4.66
17	35.13	24.04	7.35	24.69	20.59	6.00
18	33.41	26.47	6.01	22.90	19.54	4.66
19	33.41	22.63	6.01	23.85	18.52	5.33
20	28.27	20.56	6.01	23.30	17.46	4.66
21	31.03	18.48	6.01	21.46	17.46	4.66
22	21.79	16.72	6.01	16.79	15.36	4.66
23	17.15	13.59	4.67	13.64	12.93	3.34
24	10.51	9.40	4.67	11.09	9.77	3.34

3 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	8.96	2.70	3.58	7.63	2.70	2.84
2	9.08	4.08	2.15	7.27	2.43	2.84
3	8.40	3.51	2.87	7.15	2.43	2.13
4	8.74	3.26	2.15	7.35	2.17	2.13
5	8.63	4.08	2.87	7.35	2.99	2.13
6	9.75	3.80	2.15	7.51	2.70	1.42
7	12.23	5.96	2.87	9.14	4.07	2.84
8	16.29	7.59	2.15	11.90	5.69	2.13
9	28.64	18.17	3.58	17.38	9.74	2.84
10	33.83	24.41	4.29	20.99	14.63	2.84
11	34.73	23.07	6.44	23.67	15.16	4.98
12	36.42	22.25	7.15	24.44	14.07	4.98
13	34.56	21.68	7.87	24.64	15.40	4.98
14	36.14	20.90	7.87	23.91	15.16	5.69
15	36.82	18.99	9.30	23.55	13.54	5.69
16	34.39	17.64	10.01	25.42	14.07	5.69
17	32.98	18.99	10.01	26.07	15.71	5.68
18	34.62	18.70	8.59	24.93	15.71	5.68
19	32.81	16.54	8.59	23.91	14.36	4.98
20	29.83	14.37	7.15	21.32	14.36	5.69
21	25.60	13.84	7.15	20.58	13.28	4.98
22	22.21	12.74	6.44	17.86	12.19	4.98
23	17.25	9.76	5.72	13.24	10.82	4.26
24	10.88	6.78	4.29	8.81	7.59	3.55

4 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	8.72	3.11	3.15	8.02	3.49	3.12
2	8.04	3.49	3.15	7.27	3.11	3.12
3	8.38	3.11	2.52	7.15	3.49	1.87
4	8.61	3.49	2.52	7.34	3.11	2.50
5	7.99	3.11	2.52	7.23	3.49	2.50
6	9.06	3.49	1.89	7.82	3.11	2.50
7	11.61	5.05	2.52	8.54	4.66	2.50
8	18.81	7.38	3.75	10.84	5.44	2.50
9	30.08	8.16	10.04	17.67	6.21	4.36
10	33.54	8.16	11.91	19.61	7.74	7.50
11	34.56	11.64	15.68	23.42	7.74	9.98
12	34.67	11.64	16.92	23.54	7.38	9.98
13	34.78	10.88	18.17	23.74	7.74	10.61
14	36.43	10.88	20.69	24.38	7.38	13.11
15	35.41	10.88	21.93	25.92	8.55	14.36
16	35.41	10.10	21.30	24.69	8.55	14.98
17	34.27	9.70	18.78	24.97	9.70	14.98
18	35.92	9.70	13.79	24.10	8.55	13.11
19	32.46	8.16	11.91	21.48	8.55	9.98
20	30.08	8.54	10.04	21.24	9.32	8.73
21	25.66	9.32	8.78	19.02	10.10	7.50
22	22.94	8.54	8.78	15.80	8.55	6.86
23	17.33	7.76	6.27	13.30	6.60	5.00
24	11.73	4.67	5.01	9.93	5.44	4.36

5 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	8.52	2.65	5.07	8.08	2.08	4.21
2	7.80	2.37	4.22	7.25	2.68	4.21
3	7.36	2.65	4.22	7.29	2.68	3.38
4	7.91	2.37	3.37	7.25	2.38	3.38
5	7.58	2.65	4.22	7.17	2.38	3.38
6	8.52	2.37	3.37	9.54	2.08	3.38
7	11.10	3.84	3.37	8.87	3.27	4.21
8	16.82	4.72	5.07	11.80	4.46	4.21
9	30.88	7.09	12.69	18.30	7.44	5.91
10	32.70	6.79	13.51	18.89	6.84	5.06
11	34.29	7.67	18.58	22.49	7.74	8.43
12	33.47	7.37	20.28	24.16	5.95	8.43
13	34.24	7.09	21.13	23.28	5.06	14.32
14	35.88	6.49	22.87	22.45	4.46	15.17
15	33.14	6.20	27.05	24.63	4.46	15.17
16	34.51	6.49	29.57	23.52	4.17	12.64
17	34.35	6.79	26.20	23.80	5.06	13.49
18	33.63	5.90	22.87	22.37	5.65	13.49
19	31.43	5.02	18.58	23.68	5.65	11.79
20	28.30	5.31	16.91	20.35	6.25	10.11
21	25.55	5.31	14.36	20.39	8.03	9.26
22	21.87	5.31	11.84	16.24	7.74	6.74
23	18.02	4.42	10.14	14.57	7.14	7.58
24	11.65	2.65	7.62	9.62	5.36	5.06



6 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	8.63	1.86	8.12	7.93	1.87	7.25
2	7.94	2.12	5.66	7.65	2.14	5.66
3	8.51	2.12	4.86	7.56	1.87	4.87
4	7.71	1.86	4.86	7.44	2.14	5.66
5	8.11	2.12	4.86	7.36	2.14	4.02
6	8.91	1.86	4.86	8.72	2.14	5.66
7	11.26	2.65	5.66	8.59	2.14	6.45
8	16.97	2.92	9.72	12.79	2.68	7.25
9	30.00	2.92	30.02	17.39	2.68	16.99
10	35.89	3.19	43.80	20.56	2.68	33.12
11	36.06	3.99	45.47	22.86	2.68	38.79
12	36.46	3.99	43.80	25.12	2.94	38.79
13	36.23	4.78	40.61	24.05	2.68	42.01
14	36.57	4.78	42.27	24.17	2.95	45.18
15	35.54	5.06	39.74	23.80	2.95	43.60
16	36.80	5.06	40.61	23.64	3.22	42.80
17	36.46	5.57	43.01	26.15	3.48	41.16
18	34.97	4.78	42.27	25.08	5.62	40.37
19	31.03	4.78	35.68	25.49	4.82	40.37
20	28.11	5.06	33.28	21.79	4.82	37.14
21	28.46	4.78	28.42	21.34	4.55	31.48
22	23.49	4.51	24.36	17.06	4.01	28.25
23	17.37	4.25	19.50	15.21	3.21	24.23
24	9.94	2.65	13.78	9.37	2.94	17.78

7 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	7.94	2.69	8.37	8.71	2.36	7.82
2	7.71	2.36	5.99	8.10	2.36	5.42
3	7.54	2.36	6.57	7.97	2.69	5.42
4	8.39	2.36	5.99	7.81	2.36	4.80
5	8.22	2.69	5.99	7.64	2.36	5.42
6	8.68	2.36	5.99	8.06	2.69	4.80
7	11.36	3.37	7.14	9.25	2.36	7.21
8	17.81	3.70	17.32	12.29	3.36	8.38
9	29.18	2.69	53.69	18.08	2.69	19.22
10	37.45	2.69	62.64	20.02	2.69	30.62
11	36.14	3.03	66.66	22.15	3.03	38.44
12	36.08	3.37	64.44	24.33	3.36	40.84
13	36.83	3.37	60.83	24.50	3.03	43.86
14	35.86	3.70	58.45	24.45	3.36	43.86
15	33.63	3.70	57.88	24.78	3.36	44.35
16	35.28	4.05	54.92	24.25	3.70	43.86
17	35.28	4.05	49.50	24.62	3.36	42.57
18	35.46	3.70	47.12	22.52	3.70	40.84
19	32.94	3.37	42.36	23.14	3.70	37.21
20	30.89	3.70	44.17	23.30	4.03	34.80
21	27.06	3.70	33.99	22.65	4.70	33.02
22	22.32	3.70	26.27	17.39	4.70	29.44
23	17.70	3.70	19.70	14.67	3.70	25.81
24	11.19	2.69	14.94	10.32	4.37	17.99

8 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	8.30	2.53	6.97	8.74	2.52	9.16
2	7.80	2.22	5.61	7.99	2.21	5.63
3	7.97	2.22	5.61	7.90	2.21	5.63
4	7.97	2.22	4.94	8.03	2.52	6.99
5	8.02	2.22	5.61	8.70	2.21	5.63
6	8.86	2.22	5.61	8.74	2.21	6.35
7	11.11	2.85	5.61	10.20	3.15	7.71
8	16.44	3.16	15.39	13.31	3.47	12.62
9	28.16	2.53	51.69	21.92	2.91	38.57
10	32.20	2.85	57.31	25.02	3.15	45.65
11	36.30	2.53	66.40	26.53	2.84	56.17
12	35.46	2.85	65.73	29.41	3.15	58.91
13	36.63	3.16	67.76	28.13	3.15	59.55
14	37.19	3.16	69.89	26.62	3.15	57.54
15	35.90	3.48	72.70	26.80	3.15	53.36
16	34.78	3.16	72.02	27.28	3.15	54.73
17	35.79	3.49	71.24	27.46	3.15	53.36
18	34.39	3.16	72.60	24.44	3.15	53.36
19	33.94	3.16	59.44	23.60	3.15	47.01
20	31.14	4.75	53.14	21.87	3.15	45.65
21	25.36	3.48	45.40	20.50	3.15	40.02
22	21.82	3.80	38.43	16.86	3.15	34.40
23	15.37	3.48	30.01	14.60	3.47	27.40
24	10.10	2.85	18.88	9.01	2.52	18.24

9 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	8.61	2.34	9.35	7.91	2.35	7.19
2	8.27	2.34	6.49	7.74	2.35	5.05
3	7.87	2.68	6.49	7.50	2.35	4.34
4	7.87	2.34	5.71	7.66	2.68	5.05
5	8.79	2.34	5.71	7.42	2.35	5.05
6	9.07	2.34	5.71	7.91	2.35	5.05
7	11.70	3.01	7.92	8.88	2.35	5.77
8	17.23	3.01	15.06	10.95	3.02	7.19
9	29.15	3.34	52.38	16.62	2.35	23.01
10	34.75	3.01	53.10	22.54	3.02	35.25
11	36.97	3.01	56.74	23.60	3.02	35.25
12	35.77	3.34	54.60	25.83	3.02	37.45
13	37.03	3.34	54.60	25.62	3.35	38.82
14	34.86	3.69	56.02	25.71	3.02	38.11
15	35.14	3.34	50.96	24.33	3.35	38.11
16	38.00	4.02	50.24	24.73	3.35	38.82
17	34.86	3.69	43.82	24.25	3.35	37.45
18	34.63	3.68	40.18	24.81	3.35	37.45
19	31.72	3.34	33.76	23.07	3.68	31.68
20	28.98	3.68	31.62	20.96	3.35	31.68
21	26.30	3.68	25.12	19.22	3.68	26.63
22	24.30	4.01	20.13	16.02	3.35	25.20
23	16.89	3.34	15.77	13.10	2.68	21.58
24	11.75	2.34	12.20	9.08	2.35	7.91

10 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	7.59	2.56	4.63	7.90	2.23	5.95
2	7.53	2.24	3.32	7.46	2.54	3.98
3	7.48	2.56	3.32	7.30	2.23	4.62
4	7.32	2.24	3.32	7.26	2.54	3.98
5	7.48	2.56	3.99	7.34	2.23	4.62
6	8.41	2.24	3.32	8.82	2.54	3.98
7	11.52	3.84	3.32	9.33	2.54	4.62
8	16.65	3.84	5.97	10.49	2.87	5.95
9	27.08	3.84	15.90	15.04	4.77	8.60
10	32.10	3.84	22.54	20.66	4.77	13.89
11	34.67	4.80	26.50	28.12	4.77	19.20
12	36.25	4.48	27.84	24.05	4.77	18.56
13	34.28	5.43	27.20	26.65	5.09	19.86
14	33.46	5.43	26.53	25.09	5.09	18.54
15	34.12	5.43	27.17	22.82	5.40	19.20
16	34.23	6.04	26.50	24.21	5.09	17.87
17	35.27	5.76	25.86	22.62	5.09	16.54
18	34.83	5.76	26.50	23.85	4.77	15.88
19	30.08	5.76	22.54	21.42	4.77	15.88
20	29.04	5.43	19.22	20.82	4.77	14.55
21	26.04	5.76	16.57	18.27	4.77	13.22
22	22.76	5.11	12.58	17.43	4.45	11.26
23	16.32	4.48	11.27	13.52	3.49	9.27
24	11.41	2.87	7.28	8.42	2.86	6.61

11 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	8.71	2.23	3.74	8.24	2.51	4.45
2	8.27	2.53	3.74	7.95	2.23	2.97
3	8.16	2.23	2.99	7.79	2.51	2.97
4	8.98	2.53	2.99	7.46	2.23	2.97
5	8.27	2.23	2.99	7.67	2.51	3.71
6	9.14	2.53	2.99	7.71	2.51	2.97
7	10.45	3.63	3.74	9.83	3.33	2.97
8	16.27	5.59	2.99	12.15	5.02	3.71
9	27.76	14.00	5.24	17.37	8.61	3.71
10	32.44	16.23	8.22	22.96	9.74	5.20
11	33.15	14.83	11.21	23.08	9.45	7.42
12	36.47	14.00	11.97	25.28	8.90	8.18
13	35.49	14.28	13.44	26.34	7.80	8.18
14	35.92	15.40	11.21	25.12	7.23	8.92
15	35.00	15.68	11.21	24.67	7.23	9.66
16	34.94	15.96	11.97	25.49	6.68	9.65
17	37.34	17.36	10.47	25.81	7.23	8.91
18	33.42	17.61	8.98	24.30	6.96	8.91
19	32.44	15.68	8.98	22.02	6.41	8.91
20	27.38	14.28	8.98	20.35	6.41	7.42
21	24.60	13.70	8.22	19.65	6.96	7.42
22	18.51	11.75	7.49	15.21	6.41	6.68
23	11.92	10.34	6.73	12.56	5.02	5.20
24	9.25	5.89	5.24	8.77	3.90	4.45

12 月

時刻	平日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]			休日時刻別需要原単位[W・h / m <sup>2</sup> ]		
	電力	蒸気	冷水	電力	蒸気	冷水
1	8.16	3.35	2.60	7.77	3.33	2.59
2	7.88	2.67	2.60	7.65	2.99	2.59
3	7.82	2.99	1.95	7.29	3.33	1.94
4	7.44	2.99	1.95	7.16	3.33	2.59
5	8.10	2.99	2.60	7.29	3.33	2.59
6	8.54	2.67	2.60	7.85	3.33	1.94
7	10.86	5.34	1.95	8.25	3.99	2.59
8	17.30	8.01	2.60	10.55	5.99	1.94
9	27.66	22.31	3.24	16.86	11.28	2.59
10	33.01	31.59	3.89	20.73	17.61	3.90
11	33.94	30.64	6.48	22.70	18.60	3.90
12	33.78	29.64	6.48	23.79	18.94	4.55
13	36.09	27.33	7.77	24.55	19.27	5.85
14	35.87	26.34	7.77	24.47	18.60	5.84
15	34.99	25.30	8.41	24.67	20.27	5.19
16	36.09	26.34	7.78	24.59	22.78	6.49
17	33.78	26.97	7.13	26.61	18.27	5.19
18	35.65	27.33	7.13	24.75	18.60	5.84
19	30.36	20.32	7.77	22.94	17.94	5.84
20	27.06	18.65	7.13	23.10	16.94	5.19
21	27.06	16.34	7.78	20.08	15.94	5.19
22	22.48	15.34	6.48	16.02	15.61	5.19
23	15.93	14.66	5.18	13.60	13.95	3.90
24	11.19	8.33	3.89	9.22	8.29	3.25